



TUGAS AKHIR – TI 141501

**PEMODELAN SIMULASI DISTRIBUSI JALUR LAUT
PT PETROKIMIA DENGAN MEMPERTIMBANGKAN
*SUPPLY AND TRANSPORTATION DISRUPTION***

ULY KURNIAWATI

NRP 2513 100 013

Dosen Pembimbing

Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D.,

NIP. 19700523199601100

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



FINAL PROJECT – TI 141501

**SIMULATION MODELLING OF MARITIME DISTRIBUTION
IN PT PETROKIMIA CONSIDERING SUPPLY AND
TRANSPORTATION DISRUPTION**

ULY KURNIAWATI

NRP 2513 100 013

Supervisor :

Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D.,

NIP. 19700523199601100

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

PEMODELAN SIMULASI DISTRIBUSI JALUR LAUT PT PETROKIMIA DENGAN MEMPERTIMBANGKAN *SUPPLY AND TRANSPORTATION DISRUPTION*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Oleh :

ULY KURNIAWATI

NRP 2513100013

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D

NIP 197007211997021001

SURABAYA, JULI 2017



PEMODELAN SIMULASI DISTRIBUSI JALUR LAUT PT PETROKIMIA DENGAN MEMPERTIMBANGKAN *SUPPLY AND TRANSPORTATION DISRUPTION*

Nama : Uly Kurniawati
NRP : 2513100013
Pembimbing : Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D

ABSTRAK

PT Petrokimia merupakan salah satu produsen pupuk dan berperan penting dalam penyaluran dan pendistribusian pupuk nasional. Dalam pendistribusian produk pupuk ini, PT Petrokimia menggunakan jalur darat dan jalur laut. Pada kenyataannya, selama proses distribusi sangat dimungkinkan terjadi hal hal yang tidak diinginkan dan tidak terkontrol, seperti terjadinya *disruption*. Kebanyakan penelitian selama ini mengabaikan terjadinya *disruption*, padahal adanya *disruption* ini mampu mengakibatkan kerugian biaya, *customer loss*, ketidakseimbangan inventori, dan berpengaruh ke reputasi perusahaan. Penelitian ini akan berfokus pada skenario *recovery* dari adanya *disruption* sehingga mampu menjaga keseimbangan inventori di perusahaan. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan model simulasi diskrit, karena simulasi ini mampu menangani sistem yang kompleks.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa terjadinya *disruption* berupa *supply disruption* dan *transportation disruption* mempengaruhi keseimbangan inventori tujuan dan mempengaruhi *service level* perusahaan. Terjadi penurunan yang cukup signifikan dari kondisi normal mampu mencapai nilai *service level* sebesar 98% menjadi 72% ketika terjadi *disruption*. Untuk mengatasi hal tersebut, skenario yang terpilih adalah dengan menambahkan satu buah kapal dan melakukan pengadaan *jetty* khusus perusahaan di pelabuhan Palembang. Dengan skenario ini tingkat *service level* yang dihasilkan adalah sebesar 92% dengan total biaya distribusi selama satu siklus sebesar Rp 20.001.600.000.

Kata Kunci : *disruption management*, distribusi dengan transportasi laut, *Inventory Routing Problem*, simulasi

Halaman ini sengaja dikosongkan

SIMULATION MODELLING OF MARITIME DISTRIBUTION IN PT PETROKIMIA CONSIDERING SUPPLY AND TRANSPORTATION DISRUPTION

Name : Uly Kurniawati
NRP : 2513100013
Supervisor : Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D

ABSTRACT

PT Petrokimia is one of the biggest fertilizer industry that has huge role to deliver national fertilizers. To distribute the products, PT Petrokimia using land and maritime transportation. In fact, there is probability of disruption occurrence when delivering product to the customer, which is uncontrollable and undesirable. Usually, many research in distribution doesn't consider these disruptions, although the disruptions has negative impact to the distribution of product. Disruptions will lead to customer loss, reduce the company's profit, produce unbalanced inventory, and furthermore will affect brand or company's reputation. This research will focus on recovery mechanism to normalize the disruption in order to maintain inventory level in destination warehouse. Method used in this research is Discrete Event Simulation, because simulation is able to handle the complex system.

The simulation result showed that disruption including supply transportation and transportation disruption affects unbalanced inventory in destination warehouse and also affects company's service level. There is significant decreasing of service level from the normal condition, which 98% become 72% when the disruption occurs. To solve that, the choosen scenario is adding one more vessels and having company's own jetty in Palembang (either constructing or hiring). Using this scenario, the company's service level turns into 92% while the total distribution cost per cycle paid by the company is Rp 20.001.600.000.

Keyword : disruption management, Inventory Routing Problem, maritime transportation, simulation

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT senantiasa penulis haturkan karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis mampu menyelesaikan Laporan Tugas Akhir “Pemodelan Simulasi Distribusi Jalur Laut PT Petrokimia dengan Mempertimbangkan *Supply and Transportation Disruption*”.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi Strata-1 di Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam penyusunan laporan ini penulis menerima berbagai bantuan, saran, dan motivasi berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis berterimakasih kepada:

1. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Industri dan sekaligus sebagai dosen pembimbing penulis yang telah sabar membimbing, memberi arahan dan masukan hingga selesainya Tugas Akhir ini.
2. Mas Aditya Cahya Wardhana, staff Distribusi Wilayah II PT Petrokimia sekaligus sebagai pembimbing eksternal penulis, yang telah sabar memberi arahan dan masukan kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Mas Rizki Arizona, staff Perencanaan dan Pengendalian Pelabuhan PT Petrokimia yang telah ikut memberi arahan dalam mendukung selesainya Tugas Akhir ini, serta Pak Rizza Ghazali staff Candal Produksi Pabrik II PT Petrokimia. Terimakasih atas pembelajaran dan motivasi motivasi yang diberikan.
4. Bapak Erwin Widodo S.T., M.Eng., Dr. dan Bapak Yudha Andrian Saputra, S.T., MBA selaku dosen penguji seminar proposal yang telah memberikan saran dan masukan untuk penelitian ini.
5. Bapak Stefanus Eko Wiratno, S.T., M.T dan Ibu Diesta Iva Maftuhah, S.T., M.T selaku dosen penguji sidang akhir yang telah memberikan saran dan masukan untuk penelitian ini.
6. Nur Azizah dan M. Ghozali (Alm), dua orang yang selalu menginspirasi penulis dan menjadi alasan dibalik semua kegiatan penulis selama ini.

Terimakasih atas dukungan dalam bentuk apapun yang tidak bisa disebutkan disini, ini semua untuk Ayah dan Ibu.

7. Arief Wahyudi, Alfi Anshori, Alfi Angraini, dan Erna Hamidah sebagai kakak kakak penulis yang dengan setia mendukung dan membantu penulis dalam hal apapun yang tak bisa terhitung lagi.
8. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Industri beserta karyawan yang mendukung proses perkuliahan penulis sehingga penulis bisa menimba ilmu dengan baik dan bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Teman teman seperjuangan Teknik Industri 2013 “Cyprium”, dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tidak luput dari kekurangan. Jika dalam penulisan laporan terdapat kesalahan, penulis mengucapkan permohonan maaf. Segala kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk membuat penulis menjadi lebih baik. Penulis berharap agar Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua yang membutuhkan.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Manfaat Penelitian	8
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	8
1.5.1 Batasan	8
1.5.2 Asumsi	9
1.6 Sistematika Penulisan	9
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Distribusi dengan Transportasi Laut	11
2.1.1 Skema Penyewaan Kapal	13
2.2 <i>Inventory Routing Problem</i>	15
2.3 <i>Disruption Management</i>	16
2.4 Pemodelan Sistem dan Simulasi	17
2.4.1 Sistem	17
2.4.2 Elemen Sistem	18
2.4.3 Simulasi	19
2.5 Verifikasi dan Validasi	21
2.6 Posisi Penelitian	21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Studi Sistem Distribusi	24

3.1.1	Elemen Sistem	24
3.1.2	Variabel Sistem.....	25
3.1.3	<i>Key Performance Indicator</i>	26
3.2	Pengumpulan Data	26
3.3	Pengolahan Data.....	27
3.4	Pembuatan Ide Skenario.....	27
3.5	Pembuatan Model Konseptual	28
3.6	Pembuatan Model Simulasi.....	28
3.7	Penentuan Jumlah Replikasi.....	28
3.8	Verifikasi dan Validasi.....	28
3.9	Eksperimen.....	29
3.10	Analisis Skenario.....	29
3.11	Kesimpulan dan Saran.....	30
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		31
4.1	Deskripsi Perusahaan	31
4.1.1	Deskripsi Departemen Distribusi Wilayah II	33
4.2	Pengumpulan Data	35
4.2.1	Data Struktural.....	35
4.2.2	Data Operasional	36
4.2.3	Data Numerik	38
4.3	Pengolahan Data.....	40
BAB 5 PERANCANGAN MODEL SIMULASI.....		43
5.1	Model Konseptual	43
5.1.1	Model Konseptual Kedatangan <i>Downtime</i> Pabrik.....	43
5.1.2	Model Konseptual <i>Update Inventori Supply</i> Gresik.....	44
5.1.3	Model Konseptual Pemilihan Pelabuhan Bongkar Tujuan.....	45
5.1.4	Model Konseptual Pengiriman Pupuk	47
5.1.5	Model Konseptual Berlayar Kembali ke Gresik.....	50
5.2	Model Simulasi	53
5.2.1	Submodel Kondisi Awal.....	53
5.2.2	Submodel Kedatangan <i>Downtime</i> Pabrik.....	54
5.2.3	Submodel Inventori <i>Supply</i> Gresik.....	55

5.2.4	Submodel Inventori <i>Demand</i> Tujuan	57
5.2.5	Submodel Pemilihan Pelabuhan Bongkar	58
5.2.6	Submodel Pengiriman Pupuk	59
5.2.7	Submodel Berlayar Kembali ke Gresik.....	61
5.3	Perhitungan Jumlah Replikasi	62
5.4	Verifikasi dan Validasi	64
5.4.1	Verifikasi.....	64
5.4.2	Validasi	67
BAB 6 EKSPERIMEN DAN ANALISIS.....		71
6.1	Eksperimen	71
6.1.1	Kondisi Eksisting	71
6.1.2	Perancangan Skenario	73
6.1.3	Kondisi <i>No Disruption</i>	88
6.2	Analisis	91
6.2.1	Analisis Kondisi Eksisting	91
6.2.2	Analisis <i>Supply Disruption</i>	97
6.2.3	Analisis <i>Transportation Disruption</i>	99
6.2.4	Analisis Kondisi Normal (<i>No Disruption</i>)	99
6.2.5	Analisis Skenario Terpilih.....	100
6.3	Analisis Sensitivitas	1066
6.3.1	Analisis Sensitivitas Durasi <i>Downtime</i>	1066
6.3.2	Analisis Sensitivitas Durasi Kongesti Pelabuhan Bengkulu	1077
6.3.3	Analisis Sensitivitas Durasi <i>Delay</i> Menunggu Kapal Pengganti	1088
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN.....		109
7.1	Kesimpulan	109
7.2	Saran	110
DAFTAR PUSTAKA		111
LAMPIRAN.....		113
BIOGRAFI PENULIS		123

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Pembagian Wilayah Distribusi Berdasarkan <i>Single Responsibility</i>	3
Tabel 1. 2 Rekap <i>Downtime</i> Pabrik Phonska III Tahun 2015.....	5
Tabel 1. 3 Realisasi Penyaluran Pupuk Subsidi 2013-2015.....	6
Tabel 2. 1 Karakteristik Berbagai Mode Transportasi	11
Tabel 2. 2 Prinsip Transportasi Laut	12
Tabel 2. 3 Tipe-tipe <i>Maritime Disruption</i>	16
Tabel 2. 4 Posisi Penelitian	22
Tabel 3. 1 Variabel Sistem Distribusi Pupuk	25
Tabel 3. 2 Pengumpulan Data Sistem Distribusi Pupuk	26
Tabel 4. 1 Fasilitas Penunjang Distribusi.....	32
Tabel 4. 2 Data Struktural Kapal.....	35
Tabel 4. 3 Data Struktural Pelabuhan Muat	35
Tabel 4. 4 Data Struktural Pelabuhan Bongkar.....	35
Tabel 4. 5 Data Operasional Aktivitas Kapal.....	37
Tabel 4. 6 Data Numerik Kapasitas Kapal.....	38
Tabel 4. 7 Data Numerik Konsumsi Bahan Bakar Kapal	38
Tabel 4. 8 Jarak Antar Pelabuhan	39
Tabel 4. 9 Kapasitas Produksi Pabrik Phonska.....	39
Tabel 4. 10 Kapasitas Gudang	39
Tabel 4. 11 Rekap Pengolahan Data	40
Tabel 5. 1 <i>Output Running</i> Awal Jumlah Replikasi.....	63
Tabel 5. 2 <i>Output</i> Hasil Simulasi	67
Tabel 5. 3 Tabel Uji Hipotesis Rataan Dua Populasi.....	69
Tabel 6. 1 Kondisi Eksisting Durasi Kongesti Kapal di Pelabuhan.....	72
Tabel 6. 2 Durasi Kongesti Kapal di Pelabuhan dengan Penambahan 1 Kapal...	74
Tabel 6. 3 Hasil Simulasi Model Kondisi <i>No Disruption</i>	89
Tabel 6. 4 Rekap Hasil Eksperimen Skenario.....	100
Tabel 6. 5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Perbedaan Biaya	103
Tabel 6. 6 Perhitungan Biaya untuk Investasi <i>Jetty</i> Rp 50.000.000.000	104

Tabel 6. 7 Perhitungan Biaya untuk Investasi <i>Jetty</i> Rp 60.000.000.000.....	104
Tabel 6. 8 Perhitungan Biaya untuk Investasi <i>Jetty</i> Rp 70.000.000.000.....	105
Tabel 6. 9 Hasil <i>Running</i> Perubahan Durasi <i>Downtime</i>	106
Tabel 6. 10 Hasil <i>Running</i> Perubahan Durasi Kongesti Bengkulu.....	107
Tabel 6. 11 Hasil <i>Running</i> Perubahan <i>Delay</i> Kapal Pengganti	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Kebutuhan Pupuk di Indonesia	1
Gambar 1. 2 Proses Distribusi Jalur Laut PT Petrokimia	4
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	23
Gambar 3. 2 Aktivitas Distribusi Laut	25
Gambar 4. 1 Skema Alur Distribusi Pupuk Subsidi.....	32
Gambar 4. 2 Urutan Distribusi Pupuk di Diswil II PT Petrokimia	34
Gambar 4. 3 <i>Fitting Distribution</i> Antar Kedatangan <i>Downtime</i> Phonska I.....	40
Gambar 5. 1 Model Konseptual Kedatangan <i>Downtime</i> Pabrik	43
Gambar 5. 2 Model Konseptual <i>Update</i> Inventori <i>Supply</i> di Gresik	44
Gambar 5. 3 Model Konseptual Pemilihan Pelabuhan Bongkar.....	45
Gambar 5. 4 Model Konseptual Pengiriman Pupuk.....	47
Gambar 5. 5 Model Konseptual Berlayar Kembali ke Gresik	50
Gambar 5. 6 Submodel Simulasi Kondisi Awal	53
Gambar 5. 7 Submodel Simulasi Kedatangan <i>Downtime</i> Pabrik.....	54
Gambar 5. 8 Submodel Inventori <i>Supply</i> Gresik	56
Gambar 5. 9 Submodel Simulasi Inventori <i>Demand</i> Tujuan	57
Gambar 5. 10 Submodel Simulasi Pemilihan Pelabuhan Bongkar	58
Gambar 5. 11 Submodel Simulasi Pengiriman Pupuk.....	59
Gambar 5. 12 Submodel Simulasi Berlaya Kembali ke Gresik	61
Gambar 5. 13 Verifikasi <i>Syntac Error</i> Model Simulasi.....	65
Gambar 5. 14 Animasi Pengiriman Kapal	65
Gambar 5. 15 Verifikasi <i>Update</i> Stok.....	66
Gambar 5. 16 Grafik Hasil Uji Hipotesis	70
Gambar 6. 1 Grafik Stok Kondisi Eksisting.....	72
Gambar 6. 2 Grafik Stok Hasil Penambahan Kapal Kapasitas 2000 Ton.....	77
Gambar 6. 3 Grafik Stok Hasil Penambahan Dua Kapal Kapasitas 1000 Ton	78
Gambar 6. 4 Grafik Stok Skenario Penambahan Kapal Kapasitas 3000 Ton.....	79
Gambar 6. 5 Grafik Stok Hasil Pengubahan Kapasitas 3000 Ton	80
Gambar 6. 6 Grafik Stok Skenario Penambahan Kapal Tidak <i>Full Ship Load</i>	81

Gambar 6. 7 Grafik Stok Skenario Pengubahan Kapasitas Kapal dan Pengiriman <i>Not Full Ship Load</i>	82
Gambar 6. 8 Grafik Stok Skenario Penambahan <i>Jetty</i> Bengkulu.....	84
Gambar 6. 9 Grafik Stok Skenario Pembangunan <i>Jetty</i> Palembang	85
Gambar 6. 10 Grafik Stok Pembangunan <i>Jetty</i> Palembang dan Penambahan Satu Kapal.....	86
Gambar 6. 11 Grafik Stok Skenario Pembangunan <i>Jetty</i> dan Pengiriman.....	87
Gambar 6. 12 Grafik Stok Skenario Kombinasi Pembangunan <i>Jetty</i> , Penambahan Kapal dan Pengiriman Tidak <i>Full Ship Load</i>	88
Gambar 6. 13 Grafik Stok Kondisi <i>No Supply Disruption</i>	89
Gambar 6. 14 Grafik Stok Kondisi <i>No Transportation Disruption</i>	90
Gambar 6. 15 Grafik Stok Kondisi <i>No Disruption (Normal Condition)</i>	90

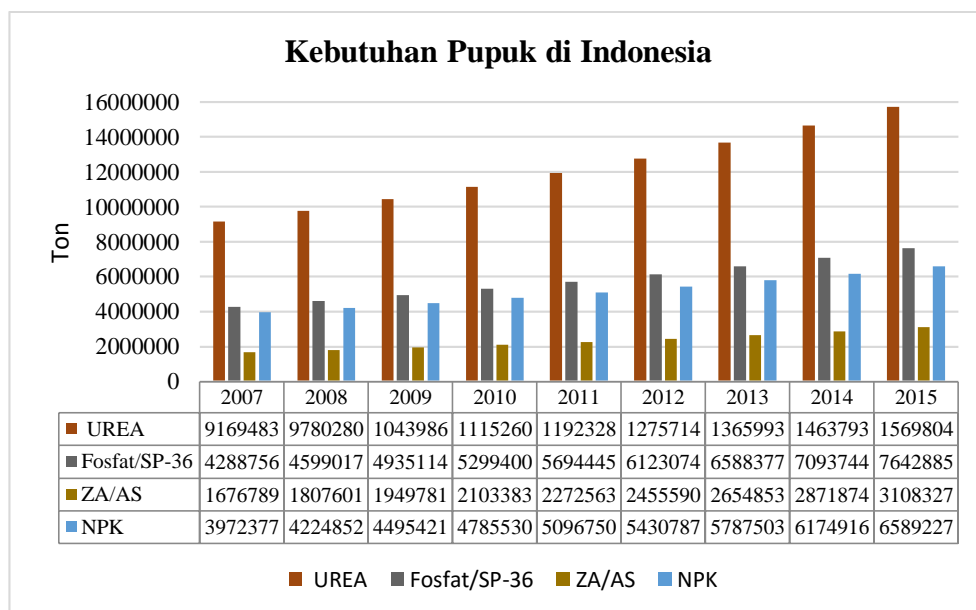
BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini akan dipaparkan mengenai hal yang mendasari dilakukannya penelitian serta identifikasi rumusan permasalahan yang terdapat dalam penelitian. Selain itu, juga akan dipaparkan ruang lingkup penelitian, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan dari laporan penelitian.

1.1 Latar Belakang

Menurut Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia (APPI), kebutuhan pupuk semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hal tersebut dikarenakan pupuk merupakan salah satu faktor produksi yang penting bagi sektor pertanian. Pupuk dapat menyumbangkan 20% terhadap keberhasilan peningkatan produksi sektor pertanian, dimana sektor pertanian merupakan sektor yang menempati peringkat tertinggi kedua penyumbang Produk Domestik Bruto Indonesia tahun 2013 (Kementrian Pertanian, 2014). Gambar 1.1 berikut menunjukkan kebutuhan pupuk di Indonesia mulai tahun 2007 – 2015.



Gambar 1. 1 Grafik Kebutuhan Pupuk di Indonesia (Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia, 2016)

Berdasarkan grafik kebutuhan pupuk di atas, dapat dilihat bahwa *trend* kebutuhan pupuk meningkat rata-rata 7,2% setiap tahunnya. Ketersediaan pupuk yang baik akan mendorong pertumbuhan pembangunan pertanian yang semakin maju, sehingga dapat meningkatkan ketahanan pangan dan swasembada pangan di Indonesia (PT Petrokimia Gresik, 2015). Oleh karena itu, kestabilan harga dan kelancaran distribusi pupuk dari tingkat produsen hingga ke petani menjadi sangat penting (Kementrian Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2009)

PT Petrokimia Gresik merupakan salah satu produsen pupuk di Indonesia dan memegang peran penting dalam pemenuhan kebutuhan serta distribusi pupuk di Indonesia. Pada tahun 2015, penjualan pupuk menyumbang 80,9% dari pendapatan perusahaan (PT Petrokimia Gresik, 2015). Di sisi lain, perusahaan juga mengeluarkan biaya distribusi yang tidak sedikit untuk mendukung proses penjualan tersebut. Beban untuk distribusi ini mengalami peningkatan dari 227,38 miliar rupiah di tahun sebelumnya menjadi 243,29 miliar rupiah pada 2015. Besarnya biaya distribusi perusahaan tersebut dapat mengurangi pendapatan yang diterima oleh perusahaan, sehingga perusahaan harus melakukan efisiensi proses distribusi dan juga konsekuensi biayanya. Dalam hal ini, pengelolaan biaya distribusi yang baik sangat dibutuhkan karena biaya transportasi sendiri mempunyai proporsi 66% terhadap keseluruhan biaya logistik (Ghiani , et al., 2004) sehingga efisiensi pada proses distribusi akan dapat meningkatkan keuntungan perusahaan.

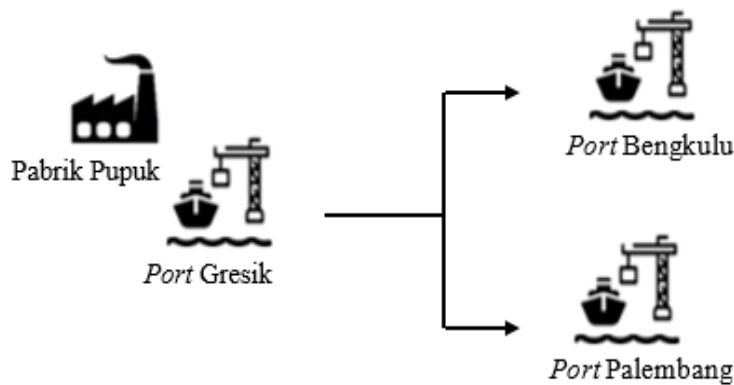
Menurut Peraturan Menteri Perdagangan Republik Indonesia No 15 Tahun 2013, PT Petrokimia merupakan penanggungjawab untuk distribusi pupuk bersubsidi yang terdiri dari pupuk Urea, ZA, SP-36, Phonska, dan Petroganik. Pupuk subsidi ini akan disalurkan sesuai dengan kebijakan pemerintah melalui kebijakan *single responsibility*, yaitu penyaluran ke wilayah-wilayah yang telah ditentukan oleh pemerintah. Tabel 1.1 berikut menunjukkan pembagian wilayah tanggung jawab distribusi masing-masing pupuk subsidi:

Tabel 1. 1 Pembagian Wilayah Distribusi Berdasarkan *Single Responsibility*

Jenis Pupuk	Wilayah Tanggung Jawab Distribusi
Urea	Hanya 10 kabupaten di Jawa
ZA	Tersebar seluruh nasional
SP-36	Tersebar seluruh nasional
Phonska	Seluruh nasional kecuali Kalimantan dan Jawa Barat
Petroganik	Seluruh nasional kecuali Sumatra

PT Petrokimia menggunakan transportasi jalur darat dan laut dalam melakukan proses distribusi pupuk subsidi. Pada Wilayah I (Jawa-Bali), perusahaan menggunakan jalur darat secara penuh dengan moda transportasi truk. Sementara itu pada Wilayah II (selain Jawa-Bali), perusahaan melakukan pengiriman transportasi laut melalui kapal. Kapal yang digunakan ini bukan milik PT Petrokimia, melainkan kapal yang disewa dengan metode *time charter* dimana perusahaan membayar biaya sewa kapal selama setahun dan berhak untuk menentukan rute pengoperasian selama penggunaannya masih dalam batas-batas yang telah disetujui oleh pihak penyewa kapal.

PT Petrokimia menggunakan tiga unit kapal *time charter* yang memiliki kapasitas berbeda-beda. Pada proses distribusi dengan menggunakan kapal *time charter*, produk akan dikirim dari pelabuhan muat yang terletak di daerah Gresik menuju ke dua daerah pelabuhan bongkar yang terletak di Bengkulu dan Palembang. Produk yang dikirim adalah jenis NPK Phonska. Adapun pupuk Urea dan Petroganik, wilayah tanggung jawab distribusinya adalah di luar Sumatra, sedangkan pupuk ZA dan SP-36 diperoleh melalui impor, sehingga tidak dikirim dari Gresik. Gambaran distribusi jalur laut untuk PT Petrokimia dapat dilihat pada Gambar 1.2 :



Gambar 1. 2 Proses Distribusi Jalur Laut PT Petrokimia

Berdasarkan Gambar 1.2, dapat diketahui bahwa PT Petrokimia mengirimkan produk jadi berupa pupuk subsidi jenis NPK Phonska melalui pelabuhan Gresik menuju pelabuhan Bengkulu dan pelabuhan Palembang. Pemilihan pelabuhan bongkar tujuan dilakukan dengan mekanisme perhitungan *coverage days*, yaitu jumlah durasi waktu yang diperlukan sebuah inventori untuk dapat memenuhi permintaan. Pelabuhan dengan *coverage days* terkecil yang akan terpilih menjadi pelabuhan tujuan, karena semakin kecil nilai *coverage days* maka menunjukkan semakin kritis pula pelabuhan tersebut dalam memenuhi permintaan. Setelah kapal tiba di pelabuhan tujuan, produk akan dibongkar ke gudang penyangga untuk kemudian dikirimkan ke seluruh wilayah sekitarnya melalui jalur darat. Kapal akan berlayar kembali ke pelabuhan asal yaitu pelabuhan di Gresik untuk melanjutkan perjalanan berikutnya.

Penggunaan mekanisme *coverage days* digunakan untuk menjaga keseimbangan inventori setiap pelabuhan. Keseimbangan inventori di setiap pelabuhan tersebut harus tetap terjaga, karena jika pelabuhan tujuan mengalami *shortage* dan terjadi isu kelangkaan pupuk, maka akan ada *social cost* yang bisa berdampak negatif terhadap perusahaan. Jika terjadi isu kelangkaan pupuk subsidi di daerah tujuan, akan dapat mengancam keberlangsungan perusahaan karena PT Petrokimia dianggap tidak menjalankan tanggungjawabnya untuk menyalurkan pupuk bersubsidi sesuai dengan amanat Peraturan Kementerian.

Selama proses distribusi, dalam kenyataannya dimungkinkan terjadi hal-hal yang tidak diinginkan dan tidak terkontrol, seperti terjadinya *disruption* (Paul, et

al., 2016). *Disruption* didefinisikan sebagai segala bentuk interupsi yang dapat bersifat mengganggu (Hishamuddin , et al., 2012). Notteboom dalam jurnal *The Vessel Schedule Recovery Problem* (2012) menyatakan bahwa hampir 70% - 80% perjalanan kapal akan mengalami *delay* sedikitnya di satu *port*. *Delay* yang sering terjadi tersebut diakibatkan karena cuaca yang kurang mendukung, regulasi di *port*, *congestion* atau antrian di jalur laut dan pelabuhan, serta terjadinya kerusakan mesin dan fasilitas. Permasalahan tersebut menyebabkan kapal tiba di tempat tujuan melebihi waktu yang ditentukan, sehingga dapat mengakibatkan adanya *demand* yang tidak terpenuhi dan penurunan tingkat *service level*.

Disruption pada PT Petrokimia datangnya bersifat tidak bisa diprediksi dan dapat terjadi secara tiba tiba. PT Petrokimia mengalami *disruption* pada proses produksi berupa adanya *downtime* pabrik baik yang terjadwal maupun yang tidak terjadwal, sehingga hal tersebut akan berdampak pada distribusi jalur lautnya. Adanya *downtime* ini dapat dipengaruhi oleh usia pabrik yang sudah tua yang telah beroperasi relatif lama di atas 20 tahun serta penggunaan bahan baku yang kurang sesuai spesifikasi. Pabrik-pabrik yang baru dibangun pun belum mencapai kondisi optimal dikarenakan peralatan baru belum mampu menunjukkan *performance* terbaiknya. Tabel 1.2 berikut menunjukkan total *downtime* yang terjadi pada pabrik Phonska III:

Tabel 1. 2 Rekap *Downtime* Pabrik Phonska III Tahun 2015

<i>Downtime</i>	Aktual (hari)	Target (hari)
<i>Scheduled downtime</i>	61,2	58
<i>Unscheduled downtime</i>	19,28	12

Pada tahun 2015, pabrik Phonska III mengalami total *scheduled down time* sebesar 61,2 hari, melebihi dari target yang sebesar 58 hari. Selain *scheduled down time*, pabrik NPK Phonska juga mengalami total *unscheduled down time* sebesar 19,28 hari, melebihi dari target yang sebesar 12 hari. *Supply disruption* ini membuat produk yang seharusnya dikirim melalui jalur laut menjadi berkurang kuantitasnya dan membuat kapal menjadi menunggu. Kapal yang menunggu ini akan membuat utilitas kapal menjadi berkurang. Jika kapal diberangkatkan

sejumlah kuantitas produksi yang ada, maka hal tersebut juga dapat menimbulkan konsekuensi biaya yang cukup besar karena biaya sekali perjalanan untuk kapal tidaklah murah.

Tidak hanya pada proses produksi, *disruption* pada PT Petrokimia juga terjadi karena adanya kongesti pelabuhan, yaitu banyaknya antrian kapal untuk bersandar di pelabuhan. Adanya antrian tersebut membuat kapal menunggu dan menyebabkan *delay*, sehingga membuat kapal tiba di pelabuhan tujuan lebih lama dan tidak sesuai target, serta bisa menimbulkan kerugian. Kondisi tersebut dapat terlihat seperti pada kapal dengan tujuan Bengkulu yang dijadwalkan memiliki *round trip days* selama 17 hari, realisasinya bisa mencapai 23 hari sampai 35 hari. Kapal yang tiba melebihi waktu target akan membuat inventori di gudang tujuan mengalami ketidakseimbangan dan dimungkinkan terjadinya *lost sales*. Selain adanya biaya *lost sales*, waktu tunggu kapal yang lama juga akan menyebabkan biaya sandar kapal menjadi lebih meningkat sehingga pengeluaran biaya distribusi menjadi lebih tidak efisien dan merugikan perusahaan.

Disruption pada rangkaian *supply chain* PT Petrokimia tersebut menjadi salah satu hal yang penting untuk diperhatikan, mengingat dampak dari adanya *disruption* yang bisa menyebabkan kerugian biaya, *customer loss*, ketidakseimbangan inventori, dan juga berpengaruh pada *branding* atau reputasi nama baik dari perusahaan (Paul, et al., 2016). Pada tahun 2015 realisasi penyaluran pupuk subsidi PT Petrokimia tidak memenuhi target alokasi pemerintah. Tabel 1.3 berikut ini menunjukkan realisasi penyaluran pupuk subsidi PT Petrokimia :

Tabel 1. 3 Realisasi Penyaluran Pupuk Subsidi 2013-2015

Jenis Pupuk Subsidi	2015		2014		2013	
	Realisasi	Alokasi	Realisasi	Alokasi	Realisasi	Alokasi
Urea	250.158	257.480	255.484	232.000	234.446	286.800
ZA	959.288	1.050.000	974.225	1.050.000	1.070.508	1.000.000
SP-36	811.238	850.000	797.558	850.000	824.381	850.000
Phonska	2.266.789	2.290.000	2.170.997	2.250.000	2.056.847	2.200.000
Petroganik	619.265	709.900	575.556	696.790	694.492	750.000
Total	4.906.738	5.157.380	4.773.820	5.078.790	4.880.674	5.086.800

Berdasarkan Tabel 1.3, dapat diketahui bahwa setiap tahunnya realisasi penyaluran pupuk subsidi secara keseluruhan masih belum memenuhi target alokasi pemerintah. Adanya *disruption* berperan menjadi faktor penyebab hal tersebut, sehingga efek dari *disruption* ini harus diminimasi dan selanjutnya penyaluran pupuk subsidi mampu memenuhi target alokasi pemerintah sehingga membantu program pemerintah dalam mewujudkan ketahanan pangan nasional. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dijelaskan pemodelan simulasi distribusi PT Petrokimia dengan mempertimbangkan *disruption* yang sudah disebutkan sebelumnya.

Pemodelan akan dibuat dengan menggunakan model simulasi diskrit, dikarenakan simulasi mampu menangani sistem yang kompleks (Kelton , et al., 2000). Kompleksitas dapat terlihat dari adanya unsur variabilitas dan interdependensi. Unsur unsur variabilitas dalam sistem berupa variasi dan ketidakpastian terjadinya *disruption*, lamanya waktu *loading*, lamanya waktu *sailing*, durasi waktu kongesti, jumlah *demand* yang tidak konstan, dan lainnya. Transportasi jalur laut memiliki karakter berupa tingkat ketidakpastian yang tinggi (Christiansen, et al., 2015). Adapun unsur interdependensi dalam sistem berupa adanya keterkaitan antar aktivitas dalam sistem, seperti lamanya durasi *supply disruption* akan mempengaruhi lamanya proses *loading*, lamanya proses *loading* akan mempengaruhi waktu *sailing*, waktu kongesti, dan keterkaitan antar aktivitas lainnya. Berdasarkan pemodelan ini selanjutnya akan dicari skenario *recovery* yang mampu menghasilkan total biaya minimum yang harus dikeluarkan oleh PT Petrokimia dalam rangka mencapai strategi distribusi yang efektif dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah mengembangkan model simulasi sistem distribusi jalur laut dengan mempertimbangkan adanya *disruption* dan mengembangkan skenario mitigasi terhadap *disruption* yang terjadi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini antara lain:

1. Menganalisis kondisi eksisting mitigasi *disruption* pada distribusi jalur laut PT Petrokimia.
2. Mengembangkan skenario *recovery* yang dapat memperkecil efek dari adanya *disruption* pada distribusi jalur laut PT Petrokimia.
3. Membandingkan skenario model distribusi jalur laut PT Petrokimia dengan adanya *disruption* dan tanpa adanya *disruption*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai referensi bagi perusahaan agar dapat mengetahui sejauh mana efek dari adanya *disruption* dapat berdampak terhadap sistemnya.
2. Sebagai rekomendasi bagi perusahaan mengenai skenario apa yang harus dilakukan jika terjadi *disruption*.
3. Sebagai referensi untuk pengembangan penelitian mengenai mitigasi *disruption* pada proses distribusi jalur laut.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian akan menjelaskan batasan dan asumsi dari adanya penelitian ini:

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan selama melakukan penelitian ini diantaranya:

1. Penelitian hanya dilakukan pada Distribusi Wilayah II PT Petrokimia Gresik.
2. Kapal yang digunakan dalam penelitian adalah kapal dengan jenis sewa *time charter*.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan selama melakukan penelitian ini, antara lain :

1. Kegiatan distribusi beroperasi terus menerus selama 24 jam secara kontinyu.
2. Harga bahan bakar (solar) per liter yang digunakan konstan untuk setiap periode
3. Keuntungan perusahaan sebesar 20% dari harga jual produk

1.6 Sistematika Penulisan

Pada subbab berikut akan dijelaskan mengenai sistematika penulisan yang digunakan dalam menyusun penelitian Tugas Akhir :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisi hal-hal yang mendasari dilakukannya penelitian dan identifikasi permasalahan penelitian. Bab ini memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan ruang lingkup penelitian. Selain itu, subbab akhir juga dicantumkan sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka berisi pembahasan yang memuat teori-teori, informasi, dan penelitian-penelitian terkait yang telah dilakukan sebelumnya untuk digunakan sebagai landasan dan referensi dalam pengerjaan tugas akhir ini. Beberapa teori yang dijabarkan dalam bab ini yakni distribusi dengan transportasi laut, *Inventory Routing Problem*, *disruption management*, model dan simulasi, verifikasi dan validasi, serta posisi penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian berisi metodologi yang diterapkan dalam penelitian berupa tahapan-tahapan dilakukannya penelitian secara sistematis. Bahasan yang dimuat pada metodologi penelitian adalah pengumpulan data, pengolahan data, pembuatan model, eksperimen, analisis serta kesimpulan dan saran.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab pengumpulan dan pengolahan data berisi data yang akan diinputkan ke dalam model permasalahan. Data ini diperoleh dari data sekunder perusahaan untuk kemudian dilakukan proses pengolahan dan *fitting distribution* dengan menggunakan *input analyzer* pada bagian yang diperlukan.

BAB 5 PERANCANGAN MODEL SIMULASI

Bab permodelan sistem berisi pembuatan model simulasi pada *software* ARENA. Pembuatan model simulasi ini dimulai dari pembuatan pembuatan model konseptual, dan setelah pembuatan model simulasi selesai maka model tersebut akan dilakukan proses uji verifikasi dan validasi model sehingga model dipastikan telah merepresentasikan sistem nyata dan konseptual yang ada.

BAB 6 EKSPERIMEN DAN ANALISIS

Bab eksperimen dan analisis ini berisi hasil eksperimen dari model simulasi yang telah divalidasi pada bab sebelumnya. Selain itu juga berisi penentuan skenario dan pengujian beberapa skenario. Hasil skenario ini selanjutnya akan dianalisis untuk mengetahui skenario terbaik yang dapat meningkatkan performansi sistem.

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab kesimpulan dan saran berisi penarikan kesimpulan atau hasil dari penelitian yang telah dilakukan sebagai solusi dan tujuan dari penelitian. Selain itu juga terdapat saran yang dapat diberikan untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka ini akan menjelaskan mengenai teori teori dan konsep yang digunakan sebagai dasar landasan dalam melakukan penelitian. Penjelasan tersebut meliputi manajemen distribusi dengan transportasi laut, *inventory routing problem*, *disruption management*, pemodelan dan simulasi, verifikasi dan validasi, serta posisi penelitian.

2.1 Distribusi dengan Transportasi Laut

Distribusi merupakan suatu aktivitas untuk memindahkan produk dari suatu lokasi ke lokasi lainnya yang merupakan permulaan rantai pasok sampai ke konsumen akhir (Chopra & Meindl, 2007). Terdapat tiga moda transportasi yang dapat digunakan oleh perusahaan sebagai sarana distribusi, yaitu transportasi darat, transportasi laut, dan transportasi laut. Menurut Pujawan dan Mahendrawati (2010), setiap moda transportasi memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Pada Tabel 2.1 menunjukkan karakteristik dari masing-masing moda transportasi :

Tabel 2. 1 Karakteristik Berbagai Mode Transportasi

Mode Transportasi	Truk	Kereta	Kapal	Pesawat	Paket
Volume yang bisa dikirim	sedang	sangat banyak	sangat banyak	banyak	sangat sedikit
Fleksibilitas waktu pengiriman	tinggi	rendah	rendah	rendah	tinggi
Fleksibilitas rute pengiriman	tinggi	sangat rendah	sangat rendah	sangat rendah	sangat tinggi
Kecepatan	sedang	sedang	rendah	sangat tinggi	tinggi
Biaya pengiriman	sedang	rendah	rendah	tinggi	sangat tinggi
<i>Inventory (intransit)</i>	sedikit	banyak	sangat banyak	rendah	sangat rendah

Sumber : Pujawan & Mahendrawati, 2010

Terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan distribusi dengan menggunakan transportasi laut (Christiansen , et al., 2007). Kelebihan distribusi dengan transportasi laut yaitu kapal dapat beroperasi di rute internasional, dapat beroperasi sepanjang waktu, dapat mengirim berbagai jenis produk secara bersamaan, dan memiliki kapasitas yang besar dibandingkan dengan moda transportasi lainnya. Sedangkan kelemahan distribusi dengan transportasi laut adalah banyaknya ketidakpastian dalam pengoperasiannya, membutuhkan waktu yang lama untuk dapat sampai ke tujuan, dan harus membayar ongkos setiap kali masuk pelabuhan.

Menurut Christiansen, et al (2007), Transportasi laut merupakan saluran utama perdagangan internasional. Secara operasional, transportasi laut dibagi menjadi tiga model yaitu *industrial shipping*, *linear shipping*, dan *tramp shipping*. *Industrial shipping* merupakan alat transportasi yang dimiliki oleh suatu perusahaan dan biasanya berfokus untuk meminimumkan biaya perjalanan. *Linear shipping* merupakan model transportasi yang memiliki rute sesuai rencana dan jadwal perjalanan sehingga proses model transportasi ini seperti jalur bus, sehingga permintaan pada model transportasi ini bergantung pada jadwal dan rute yang telah ditentukan. Sedangkan *tramp shipping* mempunyai ciri khusus dimana kapal mengikuti keberadaan cargo, hampir mirip seperti taksi.

Pada transportasi laut, terdapat berbagai macam komponen yang saling berpengaruh antara satu dengan yang lain, seperti pemilihan kapal yang berdasarkan jenis dan jumlah muatan yang akan dikirimkan serta biaya yang timbul dari penggunaan kapal. Selain itu, dalam pemilihan kapal juga didasarkan pada kedalaman air di pelabuhan setiap kapal bersandar. Oleh karena itu, terdapat beberapa prinsip dalam transportasi laut yang dijelaskan oleh Hwang (2005) seperti berikut ini:

Tabel 2. 2 Prinsip Transportasi Laut

Kategori Utama	Komponen
Muatan	Jenis muatan
	Jumlah setiap muatan
	<i>Loading port</i> untuk setiap jenis muatan

Tabel 2.2 Prinsip Transportasi Laut (lanjutan)

Kategori Utama	Komponen
Muatan	<i>Delivery port</i> untuk setiap jenis muatan
	Kerangka waktu untuk <i>loading</i> dan <i>delivey</i>
Pelabuhan	Jumlah pelabuhan
	Kedalaman air setiap pelabuhan
	Jarak antar pelabuhan
	Waktu untuk <i>loading unloading</i> setiap muatan
	Fasilitas yang dibutuhkan untuk <i>loading unloading</i> muatan
Kapal	Kapasitas
	Kompartemen
	Jumlah kapal
	Tipe heterogen atau tipe homogen
	Keterbatasan pelabuhan menerima kapal
	Kecepatan maksimum
	Lokasi kapal saat awal tersedianya waktu horizon perencanaan
Biaya	Biaya sewa kapal
	Biaya akibat kapal menganggur dan kapal melebihi waktu berlabuh dari yang ditentukan
	Biaya operasi kapal, meliputi :
	<ul style="list-style-type: none"> • Awak kapal • Bahan bakar • Penanganan kargo • Pencucian kompartemen • Perawatan dan perbaikan • Tarif pelabuhan

Sumber : Hwang, (2005)

2.1.1 Skema Penyewaan Kapal

Dalam pendistribusian produk dengan moda transportasi kapal, umumnya pihak perusahaan melakukan *charter contract* yaitu kontrak penyewaan kapal antara pemilik kapal dengan perusahaan yang akan melakukan transportasi kapal atau pihak bisnis. Jenis kontrak penyewaan kapal dapat digolongkan menjadi empat jenis (Cooke & Young, 2014) yaitu:

- *Time charter*

Skema *time charter* adalah suatu kontrak berdasarkan nahkoda dan awak kapal menjalankan pekerjaannya untuk suatu jangka waktu tertentu sebagai imbal balik dari pembayaran sewa. Penyewa kapal berhak mengatur kondisi kapal sekaligus rute dan tujuan kapal selama masih dalam batas batas yang disetujui dalam perjanjian. Dalam skema *time charter*, risiko keterlambatan ada pada pihak yang menyewa kapal.

- *Voyage Charter*

Skema *voyage charter* adalah suatu kontrak untuk mengangkut barang barang tertentu dalam suatu perjalanan atau serangkain perjalanan yang sudah ditentukan. Penyewa kapal bertanggung jawab atas biaya pelabuhan, bahan bakar, dan gaji awak kapal. Sistem pembayaran pada sistem ini biasanya berdasar *lump-sum* atau untuk setiap satuan kargo yang dibawa. Apabila terjadi kelebihan dari waktu *laytime* yang telah disepakati sebelumnya, maka penyewa harus membayar biaya *demurrage*. Namun hal sebaliknya apabila penyewa telah menyelesaikan perjalanan sebelum tenggang *laytime*, maka pemilik membayar *dispatch* kepada penyewa.

- *Bareboat Charter*

Skema *bareboat charter* adalah kontrak untuk menyewa kapal dimana dalam perjanjiannya tidak melibatkan biaya administrasi dan pemeliharaan kapal. Penyewa mengontrol secara penuh legalitas kapal untuk sementara waktu dan berhak atas penguasaan kapal. Biasanya nahkoda dan awak kapal berasal dari pihak penyewa.

- *Linear Charter*

Skema *linear charter* adalah kontrak untuk menyewa kapal yang didasarkan pada rute, tujuan, dan arah angin. *Linear charter* berpengaruh pada komoditas atau barang yang akan diangkut sehingga biaya dihitung per satuan barang yang diangkut. Biaya untuk perjalanan dan pengoperasian kapal ditanggung oleh pemilik kapal.

2.2 *Inventory Routing Problem*

Menurut Hwang & Al Khayyal (2007), *Inventory Routing Problem* (IRP) adalah permasalahan yang berkaitan dengan status inventori pada tiap konsumen dan pemilihan rute sehingga didapatkan biaya yang minimum. *Inventory routing problem* mengintegrasikan dua konsep yaitu *inventory control* dan *vehicle routing problem*, dimana penentuan rute dan kebijakan *inventory* ditetapkan secara simultan. Permasalahan *inventory routing problem* yang menggunakan kapal sebagai moda transportasi dinamakan *ship inventory routing problem* (s-IRP).

Pendekatan yang dilakukan dalam *inventory routing problem* adalah dengan menggunakan konsep *coverage days* (*inventory days of supply*). *inventory days of supply* merupakan lamanya rata rata (dalam hari) suatu inventori dapat bertahan dengan jumlah persediaan yang dimiliki (Pujawan, 2010). Menurut Siswanto, et al (2011) penentuan *coverage days* masing- masing pelabuhan dapat dihitung dari formulasi berikut :

Coverage days di pelabuhan bongkar

$$coverage\ days = \frac{(S_{imk} - S_{MNik})}{R_{ik}} \quad (2.1)$$

Dengan :

S_{imk} : Level stok produk k di pelabuhan i ketika pelayanan (i,m) dimulai

S_{MNik} : Minimum level stok produk k di pelabuhan i

R_{ik} : *rate* konsumsi di pelabuhan i terhadap produk p

b. *Coverage days* di pelabuhan muat

$$coverage\ days = \frac{(S_{MXik} - S_{imk})}{R_{ik}} \quad (2.2)$$

Dimana :

S_{imk} : Level stok produk k di pelabuhan i ketika pelayanan (i,m) dimulai

S_{MXik} : Kapasitas maksimum stok produk k di pelabuhan i

R_{ik} : *Rate* produksi di pelabuhan i terhadap produk p

2.3 *Disruption Management*

Disruption didefinisikan sebagai segala bentuk interupsi yang dapat bersifat mengganggu (Hishamuddin , et al., 2012). Menurut Gurning & Cahoon, (2015) *disruption* yang terjadi pada jalur laut sering disebut *maritime disruptions*, dimana tipe tipe *maritime disruption* dijelaskan dalam tabel berikut :

Tabel 2. 3 Tipe-tipe *Maritime Disruption*

<i>Type of Maritime Disruptions Risk</i>	
<i>Direct</i>	<i>Indirect</i>
<i>Security and Safety</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Ship accidents</i> - <i>Ship pollution</i> - <i>Political events</i> 	<i>Market</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Shortage of ships</i> - <i>Trade imbalance</i>
<i>Service related factors</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Operational and equipment</i> - <i>Congestion</i> - <i>Fuel and bunkering</i> - <i>Electrical shortage</i> 	<i>Organisation and relationship</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Employment/ port workers</i> - <i>Legal and policy</i> - <i>Custom process</i> - <i>Ships inspection</i>
<i>Infrastructure Related Factors</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Communication facility</i> - <i>Lack of development</i> - <i>Inland transport connection</i> 	<i>Enviromental</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Severe weather</i> - <i>Earthquakes</i> - <i>Flood</i>

Sumber : Gurning & Cahoon, (2015)

Menurut Qi, et al., (2009) *disruption* dikategorikan berdasarkan frekuensi kejadiannya. Kategori pertama yaitu *regular disruption*, yaitu *disruption* yang terjadi secara sering, dapat dipelajari dari data historis dan dapat diprediksikan waktu kejadiannya berdasarkan model kuantitatif hasil pengolahan data historis tersebut. Sedangkan kategori kedua yaitu *iregular disruption*, yaitu *disruption* yang terjadinya tidak terduga dan bersifat sewaktu waktu.

Ketika *disruption* terjadi, maka diperlukan strategi yang dapat mengembalikan keadaan menjadi normal kembali (*recovery period*), karena jika tidak dimitigasi maka *disruption* dapat mengakibatkan kerugian baik berupa

costumer loss dan juga *costumer goodwill*. Selain itu *branding* dan nama baik perusahaan juga dapat terpengaruh. Menurut Brouer, et al., (2012), terdapat empat strategi yang dilakukan dalam menangani *disruption*, yaitu :

- *Delays*. Strategi ini perlu dikombinasikan dengan strategi lain karena pada transportasi laut, kapal secara konstan berada dalam pelayanan atau tidak dalam *idle*. *Disruption* yang terjadi dapat menimbulkan *delay* karena tidak ada waktu sisa atau waktu tambahan untuk kapal.
- *Swap*. Strategi ini tidak dimungkinkan untuk diterapkan pada *liner shipping* karena akan banyak membutuhkan biaya dan waktu untuk memindahkan kontainer dari satu kapal ke kapal lain.
- *Cancellations*. Suatu kapal boleh untuk tidak mengunjungi suatu pelabuhan. Pada kondisi *liner shipping*, kontainer untuk pelabuhan yang tidak terkunjungi akan dibongkar di pelabuhan terdekat.
- *Speed Changes*. Strategi ini merupakan strategi yang paling sering digunakan. Pada kondisi normal, kapal berlayar dengan kecepatan 16-18 knots. Namun, kecepatan kapal dapat dipercepat sampai 22-24 knots dengan konsekuensi tambahan biaya bahan bakar.

2.4 Pemodelan Sistem dan Simulasi

Pada subbab pemodelan sistem dan simulasi ini akan dipaparkan mengenai sistem, elemen sistem dan simulasi

2.4.1 Sistem

Sistem adalah sekelompok komponen yang berinteraksi dan bereaksi antar atribut komponen untuk mencapai suatu tujuan akhir tertentu (Daellenbach & McNickle, 2005). Sedangkan model adalah representasi sederhana dari suatu sistem baik secara kualitatif maupun kuantitatif yang mewakili suatu proses atau kejadian, dimana dapat menggambarkan secara jelas hubungan interaksi antar berbagai faktor penting yang diamati (Kelton , et al., 2000)

2.4.2 Elemen Sistem

Model simulasi terdiri dari beberapa elemen atau bagian yang saling berkaitan untuk mencapai sebuah tujuan (Kelton , et al., 2000), yaitu:

- *Entitas*

Entitas merupakan sesuatu yang dikenai dalam proses. Contoh dari entitas antara lain orang, pasien, konsumen, material, dokumen, dan sebagainya. Entitas dapat memiliki atribut (*local variables*) dan variabel (global). Atribut merupakan sesuatu yang melekat pada entitas sehingga menjadi sebuah karakter yang dapat membedakan entitas yang satu dengan yang lain. Atribut ini dapat berupa identitas, urutan, waktu dan sebagainya. Sedangkan Variabel merupakan sebuah informasi yang merfleksikan beberapa karakteristik dalam sistem.

- *Resources*

Resources merupakan elemen dalam sistem yang melakukan proses, umumnya dpata berupa peralatan, orang, fasilitas/ruang dalam sebuah sistem.

- *Events*

Events merupakan sesuatu yang terjadi pada saat simulasi berjalan yang dapat mengubah atribut, variabel, dan biasanya tidak dapat ditentukan kapan terjadi.

- *Control*

Kontrol menunjukkan dimana simulasi tersebut dilakukan, waktu simulasi, dan juga menjaga urutan, logika, serta rule dari sistem seperti FIFO, LIFO, dan sebagainya.

Selain elemen, terdapat beberapa variabel yang berpengaruh dalam model simulasi yang dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

- *Decision Variable*

Decision Variable adalah variabel yang independen, yang diputuskan dalam sistem sehingga dapat menyebabkan perubahan status jika variabel ini diganti nilainya.

- *Response variable*

Response variable merupakan variabel yang muncul akibat perlakuan dalam sistem atau sering disebut dengan *output* variabel.

- *State Variable*

State variable merupakan status dari sebuah sistem pada waktu tertentu, seperti jumlah antrian dan jumlah *work in process* pada waktu tertentu.

2.4.3 Simulasi

Menurut Kelton (2000), simulasi adalah metode yang digunakan untuk meniru perilaku nyata dari sistem dengan menggunakan *software* komputer. Menurut Robinson (2004), kebutuhan untuk menggunakan simulasi ini disebabkan oleh beberapa alasan yaitu sifat alami dari sistem seperti *variability*, *interconnectedness*, and *complexity*.

- *Variability*

Variability merupakan bentuk variabel yang bervariasi dimana perubahannya tidak dapat diprediksi atau tidak terduga. Dalam kasus *call center*, *variability* dapat terlihat dengan adanya perubahan operator untuk mengatasi besarnya jumlah layanan telepon. Pada beberapa sistem lain, juga terdapat banyak variabel yang tidak terduga antara lain kedatangan pasien dalam sebuah sistem gawat darurat rumah sakit, dan kerusakan peralatan pada sebuah sistem *flexible manufacturing cell*.

- *Interconnectedness*

Sebuah sistem juga memiliki sifat entiti yang saling berkaitan antara satu dengan yang lain sehingga jika terdapat perubahan pada bagian sistem maka akan mempengaruhi bagian sistem yang lain. Sifat alami sistem tersebut disebut dengan *interconnectedness*.

- *Complexity*

Sifat alami lain dari sistem adalah adanya tingkat kompleksitas atau kesulitan yang tinggi, yang muncul akibat adanya kombinasi *variability* dan *interconnectedness*.

Salah satu keunggulan simulasi yaitu kemampuan dari simulasi untuk mempertimbangkan perilaku stokastik sistem. Selain itu simulasi juga memiliki beberapa manfaat, yaitu :

- Biaya yang lebih hemat

Dari segi biaya, penerapan simulasi dapat menghemat biaya dikarenakan tidak diperlukannya percobaan secara langsung pada kondisi eksisting untuk mengetahui performansi dari alternatif perbaikan sistem yang diusulkan.

- Waktu yang singkat

Dari segi waktu, penerapan simulasi dapat menghemat waktu pengerjaan penelitian. Hal itu dikarenakan, waktu running sistem dalam simulasi dapat dilakukan dengan lebih cepat dibandingkan jika dilakukan pada kondisi eksisting secara langsung.

- Kontrol dari kondisi penelitian

Sebuah penelitian terdapat kondisi yang menunjukkan waktu secara berulang dan bersifat tidak pasti. Maka dengan simulasi, hal tersebut akan *digenerate* dalam bentuk distribusi. Selain itu dalam simulasi juga dapat dilakukan perubahan perubahan skenario dengan mengganti parameter yang diketahui sehingga didapatkan nilai variabel keputusan yang diinginkan,

- Tidak mengganggu sistem eksisting

Simulasi tidak mengganggu kondisi sistem eksisting karena tidak dilakukan percobaan secara langsung pada kondisi eksisting, sehingga tidak menghambat proses yang berlangsung pada sistem eksisting.

Menurut Law & Kelton (2000) berdasarkan karakteristiknya, simulasi dibagi menjadi tiga yakni :

- Statis dan dinamis

Simulasi statis adalah simulasi yang menggunakan kerandoman dan waktu dianggap tidak mempengaruhi simulasi ini, sedangkan simulasi dinamis merupakan simulasi yang sistemnya memiliki pengaruh terhadap waktu.

- Kontinu dan diskrit

Simulasi kontinu adalah simulasi yang memiliki variabel yang berubah ubah terus menerus dalam jangka waktu tertentu, sedangkan simulasi diskrit adalah simulasi yang memiliki variabel yang berubah ubah pada titik waktu diskrit tertentu

- Deterministik dan stokastik

Simulasi deterministik adalah simulasi yang tidak memiliki variabel yang bersifat probabilistik (bersifat konstan), sedangkan simulasi stokastik merupakan simulasi dengan variabel yang bersifat tidak konstan (probabilistik).

2.5 Verifikasi dan Validasi

Verifikasi merupakan proses yang dilakukan untuk memastikan model simulasi yang telah dibuat sesuai dengan logika model konseptual dan cara kerja proses yang sebenarnya (Daellenbach & McNickle, 2005). Verifikasi dilakukan dalam dua tahap, yang pertama dilakukan untuk memastikan tidak terdapat kesalahan sehingga model dapat di-*running*. Tahap kedua dilakukan untuk memastikan logika aliran simulasi sesuai dengan alur logis.

Validasi merupakan proses yang dilakukan untuk menguji model yang telah dibuat dapat merepresentasikan sistem nyata. Proses validasi dilakukan dengan membandingkan output hasil model simulasi dengan sistem nyata yang ada. Langkah tersebut dapat dilakukan dengan melakukan uji statistik, seperti uji hipotesis rata-rata dua populasi (*welch confidence interval* maupun dengan menggunakan *paired-t confidence interval*) dan *analysis of variance* untuk menguji apakah tiga atau lebih populasi yang ditentukan memiliki perbedaan signifikan.

2.6 Posisi Penelitian

Pada penelitian ini digunakan beberapa referensi mengenai mitigasi *disruption* pada distribusi jalur laut sebagai acuan dalam pengerjaan. Namun dalam referensi untuk *disruption* dengan menggunakan simulasi belum terlalu banyak, melainkan kebanyakan menggunakan metode heuristik. Dalam pembuatan penelitian ini referensi yang digunakan adalah beberapa jurnal. Tabel 2.4 berikut ini menunjukkan posisi penelitian terhadap beberapa penelitian sebelumnya:

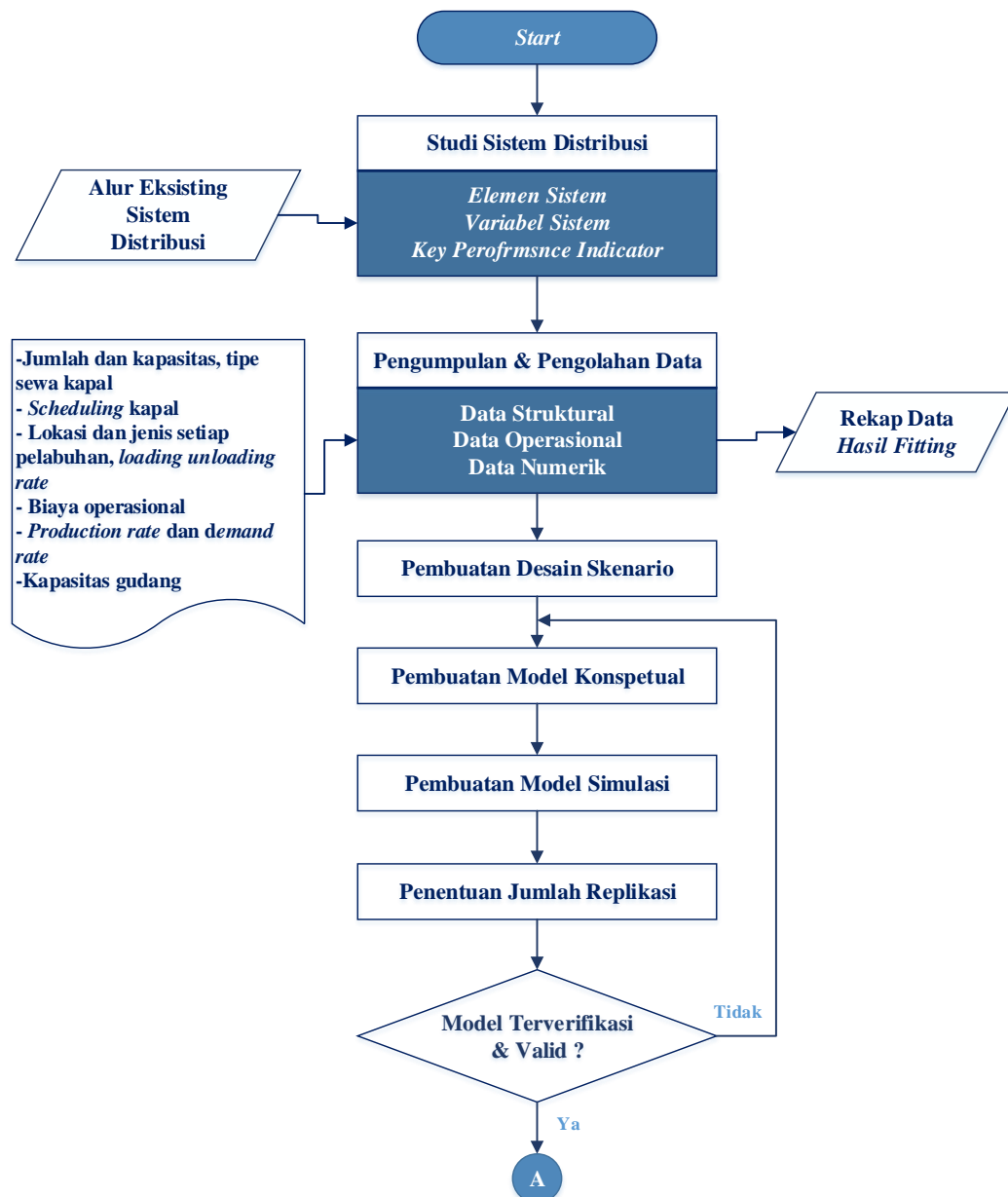
Tabel 2. 4 Posisi Penelitian

No	Judul	Kondisi Obyek				Tujuan		Metode Pendekatan	
		kondisi normal	ada disruption	scope jaringan distribusi	model transportasi	jumlah alat transportasi	skenario recovery	simulasi	heuristik
1	<i>The Vessel Schedule Recovery Problem – A MIP model for handling disruption in liner shipping</i> (Brouer, et al., 2012)		v	liner shipping network	linear shipping		v		v
2	<i>Real Time Management of Transportation Disruption in Forestry</i>		v	transshipment	industrial truck	v			v
3	<i>Determination of Ship Optimal Number for Subsidized Fertilizer to Sumatra in PT Petrokimia</i> (Rifky, 2015)	v		IRP	industrial shipping	v		v	
4	Pengembangan Model Simulasi Diskrit Penentuan Jumlah dan Kapasitas Kapal pada Kasus Multi Depot Multi Tujuan (Hatmojo, 2016)	v		IRP	industrial shipping	v		v	
5	Evaluasi Jumlah dan Kapasitas Kapal untuk Mendistribusikan Semen Curah dengan Mempertimbangkan Kegiatan Perawatan Kapal (Elisabeth, 2017)		v (maintenance kapal)	IRP	industrial shipping	v		v	
6	Pemodelan Distribusi Jalur Laut PT Petrokimia dengan Mempertimbangkan Supply and Transportation Disruption (Kurniawati, 2017)	v	v (supply plant + transportation)	IRP	industrial shipping	v	v		

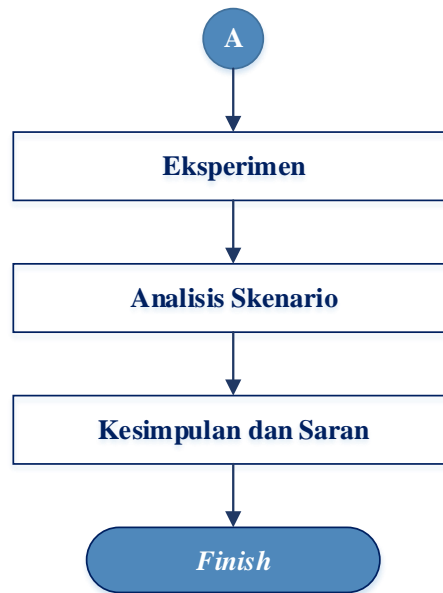
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi Penelitian ini akan menjelaskan mengenai metodologi yang digunakan dalam melakukan penelitian. Berikut merupakan tahapan tahapan yang dilakukan penulis dalam pembuatan penelitian :



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian (Lanjutan)

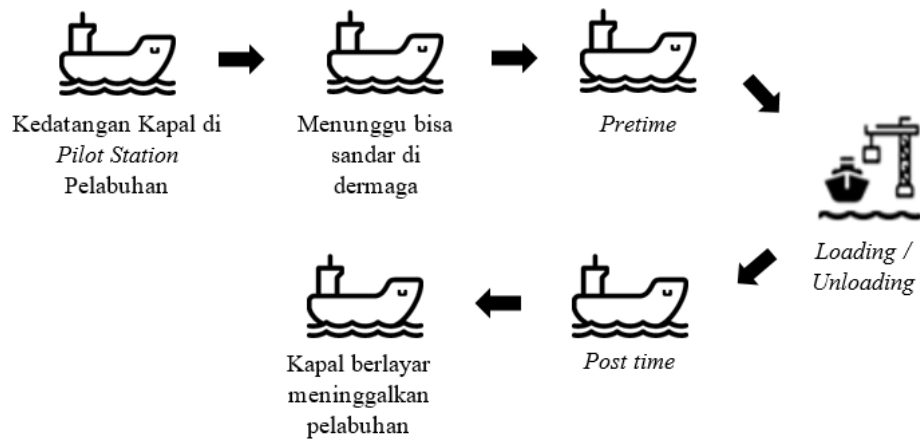
3.1 Studi Sistem Distribusi

Pada tahap ini dilakukan studi sistem distribusi pupuk. Studi yang dilakukan berupa identifikasi terhadap elemen elemen yang terdapat dalam sistem tersebut. Elemen elemen yang diidentifikasi antara lain adalah elemen, variabel, dan *Key Performance Indicator*.

3.1.1 Elemen Sistem

Elemen sistem meliputi entitas, aktivitas, *resource*, dan juga kontrol

1. Entitas yang digunakan pada sistem ini adalah kapal yang mendistribusikan produk pupuk.
2. Aktivitas yang diamati pada sistem adalah sistem distribusi jalur laut, seperti yang ditunjukkan dalam gambar berikut ini :



Gambar 3. 1 Aktivitas Distribusi Laut

3. *Resource* yang digunakan pada sistem ini adalah fasilitas pelabuhan seperti dermaga, fasilitas *loading unloading* berupa *crane*
4. Kontrol yang digunakan pada sistem distribusi ini adalah penugasan kapal dilakukan untuk terminal tujuan yang memiliki tingkat *coverage days* terkecil, jam operasional pelabuhan dan prosedur yang ada di pelabuhan.

3.1.2 Variabel Sistem

Variabel sistem dalam simulasi terdiri dari variabel keputusan, variabel respon, dan variabel status. Pada sistem distribusi ini variabel keputusan adalah jumlah kapal dan skema mitigasi yang digunakan. Sedangkan variabel respon sebagai variabel yang dilihat dari hasil perubahan pada sistem ini adalah tingkat inventori di pelabuhan tujuan dan total biaya yang dibutuhkan. Variabel status dari sistem ini adalah status dari kapal apakah *busy* atau *idle* dan status dari setiap pelabuhan *loading* dan *unloading*. Pada Tabel 3.1 ditunjukkan ringkasan dari variabel sistem yang terdapat pada sistem distribusi.

Tabel 3. 1 Variabel Sistem Distribusi Pupuk

Variabel Keputusan	Variabel Respon	State Variabel
Jumlah kapal	<i>Leadtime</i> pengiriman	Status kapal (<i>busy/idle</i>)
Skema mitigasi <i>disruption</i>	<i>Service Level</i>	Status availabilitas pelabuhan
	Biaya total	

3.1.3 Key Performance Indicator

Key Performance Indicator merupakan ukuran kuantitatif yang akan digunakan untuk menilai performansi dari sistem dalam mencapai tujuan. Kriteria keputusan yang digunakan pada sistem ini adalah tingkat pemenuhan *service level* pengiriman dan biaya distribusi yang diperlukan dalam satu siklus distribusi.

$$\text{Service Level Pengiriman} = \frac{\text{jumlah pengiriman}}{\text{total target pengiriman}} \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned} \text{Total Cost} = & \text{Fixed cost sewa kapal} + \text{voyage cost (loading cost} \\ & + \text{sailing cost} + \text{unloading cost)} + \text{congestion cost} \end{aligned} \quad (3.2)$$

3.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan data yang akan dijadikan input dalam model simulasi. Untuk melakukan pengumpulan data langkah pertama yang dilakukan adalah identifikasi dan pencarian data-data yang dibutuhkan dalam penelitian. Dalam simulasi terdapat tiga jenis data yang diperlukan yaitu data struktural, data operasional, dan data numerik. Data struktural adalah data yang dapat menampilkan struktur dari sistem seperti jalur pengiriman, lokasi pelabuhan muat dan lokasi pelabuhan tujuan. Data operasional adalah data yang menunjukkan cara sistem bekerja seperti rute pengiriman. Adapun data numerik adalah data kuantitatif yang ada pada sistem. Tabel 3.2 berikut menunjukkan jenis-jenis data yang dibutuhkan dalam penelitian.

Tabel 3. 2 Pengumpulan Data Sistem Distribusi Pupuk

Data Struktural		
Kapal :	Pelabuhan Muat :	Pelabuhan Bongkar :
Tipe penyewaan kapal	Lokasi pelabuhan muat	Lokasi pelabuhan bongkar
Jumlah kapal	Jenis pelabuhan muat	Jenis pelabuhan bongkar
Data Operasional		
Kapal :	Pelabuhan Muat :	Pelabuhan Bongkar :
<i>Schedulling</i>	<i>Time Windows</i>	<i>Time Windows</i>
Data Numerik		
Kapal :	Pelabuhan Muat :	Pelabuhan Bongkar :
Kapasitas kapal	Kapasitas gudang di pelabuhan muat	Kapasitas gudang di pelabuhan bongkar
Konsumsi bahan bakar	<i>Production rate</i> (normal + kondisi <i>recovery</i>)	<i>Demand rate</i>

Tabel 3.2 Pengumpulan Data Sistem Distribusi Pupuk (Lanjutan)

Data Numerik		
Biaya operasional	Kecepatan <i>loading</i>	Kecepatan <i>unloading</i>
	Waktu <i>preload, postload</i>	Waktu <i>preunload, postunload</i>
	Jarak	
Biaya sewa kapal	Data kerusakan / gangguan <i>supply plant</i>	Data <i>port congestion</i>
	Data <i>delay</i> kapal pengganti	

3.3 Pengolahan Data

Pada tahap ini akan dilakukan pengolahan data dari data yang sudah dikumpulkan pada tahap sebelumnya. Data yang diperoleh akan diolah di *software Input Analyzer* untuk dilakukan *fitting distribution* dan diketahui persebaran distribusinya. Data yang akan difitting adalah data *rate* produksi pupuk dalam kondisi normal dan *recovery*, data *rate demand* di setiap gudang tujuan baik gudang Bengkulu maupun Palembang, kecepatan *loading unloading* di setiap pelabuhan, waktu untuk *preloading* dan *postloading* di terminal pelabuhan baik pelabuhan muat dan pelabuhan bongkar, data waktu antar kedatangan *downtime* pabrik, data durasi lamanya *downtime*, serta data durasi lamanya kongesti untuk sandar.

3.4 Pembuatan Ide Skenario

Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan skenario-skenario yang akan diuji pada model simulasi. Hasil dari skenario-skenario tersebut dibandingkan untuk mengetahui skenario terbaik. Skenario digenerate berdasarkan *decision variabel* yang sudah disebutkan sebelumnya. Skenario yang akan digunakan pada permasalahan eksisting adalah sebagai berikut :

- Skenario 1 : dilakukan penambahan jumlah kapal dengan beberapa kemungkinan kapasitas kapal, serta pengubahan kapasitas kapal.
- Skenario 2 : diadakannya pengiriman secara tidak *full ship load*, sehingga ketika terjadi *disruption* dan terjadi pengurangan kuantitas hasil produksi, maka kapal tidak harus menunggu hingga muatan kapal menjadi penuh.
- Skenario 3 : Dilakukan pengadaan *jetty* khusus perusahaan di pelabuhan tujuan sehingga tidak ada antrian yang banyak ketika kapal akan bersandar di pelabuhan, mengingat sudah memiliki *jetty* khusus milik perusahaan.

3.5 Pembuatan Model Konseptual

Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan model konseptual. Sebelum dilakukan pembuatan model simulasi, terlebih dahulu akan dilakukan pembuatan model konseptual. Model konseptual yang digunakan berupa *logic flow diagram*.

3.6 Pembuatan Model Simulasi

Model konseptual yang telah dibuat selanjutnya akan dibuat model simulasi yang sesuai dengan logika pada model konseptual dan sistem nyata (*real world*). Kemudian data-data yang telah diolah di-*input* ke dalam *software* ARENA untuk mendapatkan *output* dari model simulasi yang telah dibuat di *software* ARENA.

3.7 Penentuan Jumlah Replikasi

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan replikasi untuk mengetahui jumlah replikasi yang dibutuhkan. Penentuan jumlah replikasi dilakukan karena hasil yang diberikan oleh model *software* ARENA bersifat *random*, maka diperlukan adanya replikasi agar hasil mampu merepresentasikan populasi sebenarnya. Untuk mengetahui jumlah replikasi yang dibutuhkan dapat dilakukan dengan pendekatan rumus *half-width*

$$hw = e \quad (3.3)$$

$$\frac{t_{(n-1, \frac{\alpha}{2})} \times std}{\sqrt{n}} = e \quad (3.4)$$

dengan :

α = tingkat eror

n = jumlah replikasi

std = standar deviasi

t = nilai t dari *t distribution*

3.8 Verifikasi dan Validasi

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap logika model simulasi. Verifikasi merupakan proses yang dilakukan untuk memastikan model simulasi

yang telah dibuat sesuai dengan logika model konseptual dan cara kerja proses yang sebenarnya. Verifikasi dalam model Arena dapat dilakukan dengan menekan tombol F4 untuk *debugging*, sedangkan untuk memastikan logika aliran simulasi harus terlebih dahulu melihat hasil output simulasi.

Validasi merupakan proses yang dilakukan untuk menguji model yang telah dibuat dapat merepresentasikan sistem nyata. Proses ini dilakukan dengan membandingkan output berupa jumlah pengiriman dari model simulasi dengan sistem nyata yang ada. Jika tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua sistem tersebut maka model simulasi dianggap valid. Uji validasi akan dilakukan dengan menggunakan uji statistik.

3.9 Eksperimen

Pada tahap ini akan dilakukan beberapa eksperimen terhadap skenario-skenario perbaikan yang ada pada model simulasi. Sebelum dilakukan eksperimen, harus terlebih dahulu dipastikan bahwa model yang dibuat telah terverifikasi dan tervalidasi. Skenario akan diuji satu per satu pada model untuk mengetahui variabel respon dari setiap skenario. Eksperimen juga dilakukan untuk model dengan kondisi *no supply disruption*, *no transportation disruption*, serta kondisi normal (*no disruption*).

3.10 Analisis Skenario

Pada tahap ini akan dilakukan analisis terhadap hasil eksperimen skenario skenario yang telah dilakukan. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil tingkat *service level* dan *total cost* yang dihasilkan dari setiap skenario sehingga dapat ditentukan skenario yang terbaik. Setelah menentukan skenario terbaik kemudian dilakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi dan mengetahui perubahan yang dihasilkan dari setiap faktor yang mempengaruhi tersebut.

3.11 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan kesimpulan yang menjawab tujuan dari penelitian. Selain itu diberikan juga saran untuk rekomendasi penelitian berikutnya.

BAB 4

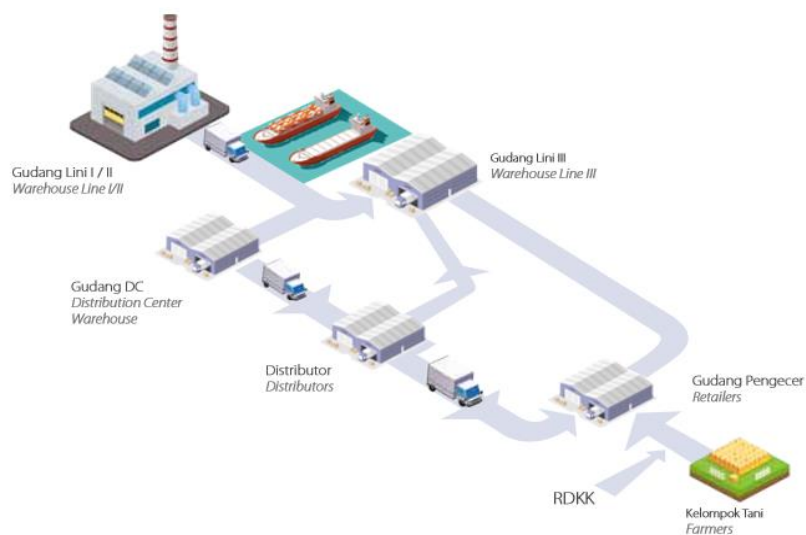
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan pengumpulan dan pengolahan data terkait data yang dikumpulkan selama proses penelitian tugas akhir. Pengumpulan data bersumber dari data sekunder perusahaan, sedangkan pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *input analyzer* pada *software* ARENA yang selanjutnya akan digunakan untuk membangun model simulasi.

4.1 Deskripsi Perusahaan

PT Petrokimia Gresik merupakan salah satu produsen pupuk terbesar dan terlengkap di Indonesia (PT Petrokimia Gresik, 2015). Terdapat dua jenis pupuk yang diproduksi oleh PT Petrokimia Gresik yaitu pupuk subsidi dan pupuk non-subsidi. Pupuk bersubsidi yang diproduksi terdiri dari beberapa macam pupuk, seperti : Urea, ZA, SP-36, NPK Phonska, dan Pupuk Petroganik. Sedangkan produk pupuk yang non subsidi terdiri dari berbagai macam seperti : NPK Kebomas, ZK, Urea, ZA, SP-36, KCl. PT Petrokimia Gresik juga memproduksi produk non pupuk, antara lain Asam Sulfat, Asam Fosfat, Amoniak, *Dry Ice* dan lainnya. Terdapat juga produk inovasi yang berhasil ditemukan dan diproduksi oleh PT Petrokimia Gresik meliputi Petro Biofertil (pupuk Hayati), Petro Gladiator (*Composter*), Petro Kalimas (pupuk Majemuk), Petroseed (benih padi unggul), serta Petrofish (probiotik untuk petambak ikan dan udang).

Dalam mendistribusikan produknya, PT Petrokimia Gresik membagi wilayah distribusi menjadi dua, yaitu Distribusi Wilayah I (Jawa- Bali) dan Distribusi Wilayah II (Luar Jawa- Bali). Pada Distribusi Wilayah I semua proses distribusi dilakukan dengan menggunakan moda transportasi truk melalui jalur darat, sedangkan untuk Distribusi Wilayah II distribusi dilakukan dengan menggunakan kapal melalui jalur laut. Gambar berikut merupakan alur sistem penyaluran pupuk subsidi PT Petrokimia Gresik :



Gambar 4. 1 Skema Alur Distribusi Pupuk Subsidi

Terdapat empat lini dalam penyaluran pupuk Petrokimia, dengan definisi dari setiap gudang lini adalah sebagai berikut :

- Lini I, adalah lokasi gudang pupuk di wilayah pabrik Produsen atau di wilayah pelabuhan tujuan untuk pupuk impor.
- Lini II, adalah lokasi gudang Produsen di wilayah Ibukota Provinsi dan Unit Pengantongan Pupuk (UPP) atau di luar wilayah pelabuhan.
- Lini III, adalah lokasi gudang Produsen dan/atau Distributor di wilayah Kabupaten/Kota yang ditunjuk atau ditetapkan oleh Produsen.
- Lini IV, adalah lokasi gudang atau kios Pengecer di wilayah Kecamatan dan/atau Desa yang ditunjuk atau ditetapkan oleh Distributor.

Untuk menunjang proses distribusi, PT Petrokimia memiliki beberapa fasilitas penunjang distribusi berupa *distribution center* hingga ke tingkat kios atau *retailer*. Tabel 4.1 berikut menunjukkan fasilitas penunjang distribusi PT Petrokimia :

Tabel 4. 1 Fasilitas Penunjang Distribusi

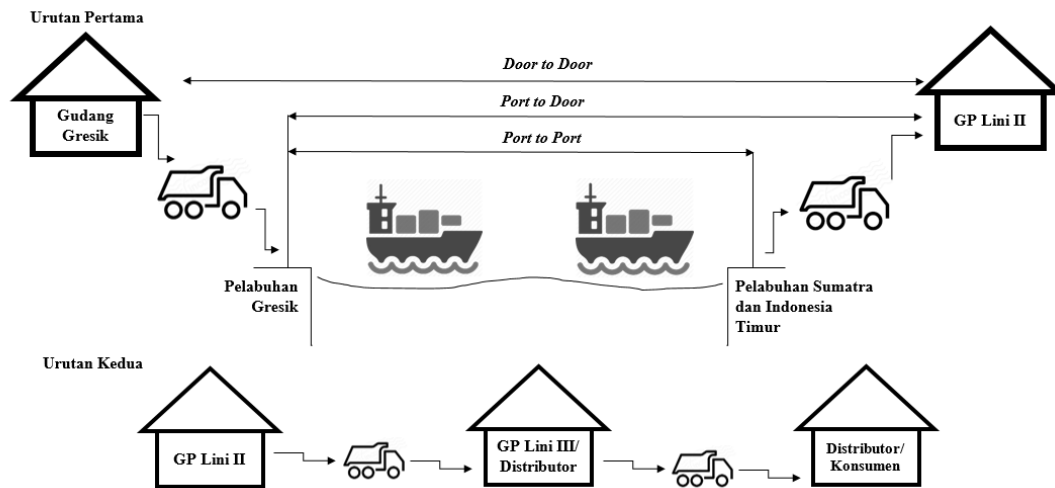
Wilayah Kerja	<i>Distribution Center</i>	Gudang Penyangga	<i>Distributor</i>	Kios (<i>retailer</i>)	<i>Sales</i>
Wilayah I	3	124	371	16.642	120
Wilayah II	3	121	251	13.557	79
Total	6	245	622	30.199	199

Selain fasilitas penunjang distribusi berupa *distribution center*, PT Petrokimia Gresik juga memiliki fasilitas penunjang berupa dermaga bongkar muat untuk mendukung kegiatan distribusi. Dermaga bongkar muat PT Petrokimia Gresik berbentuk huruf T dengan panjang 810 meter dan lebar 36 meter. Dermaga tersebut mampu disandari oleh tiga buah kapal sekaligus dengan bobot 40.000 DWT pada sisi laut dan tiga buah kapal berbobot dibawah 10.000 DWT pada sisi darat. Beberapa fasilitas yang terdapat di dermaga bongkar muat ini adalah sebagai berikut :

- *Continous Ship Unloader (CSU)* dengan kapasitas masing masing 8000 ton/hari. Alat ini digunakan untuk membongkar muatan produk padat pada kapal.
- *Kangaroo Crane (KC)* dengan kapasitas masing masing 7000 ton/hari. Alat ini juga digunakan untuk membongkar muatan produk padat pada kapal.
- *Ship Loader* dengan kapasitas 1000 ton per hari, yang digunakan untuk melakukan proses muat.
- *New Ship Loader* dengan kapasitas 1000 ton per hari untuk melakukan proses muat *Cement Retarder (CR)*.
- Ban berjalan dengan panjang keseluruhan 22 kilometer.
- Fasilitas bongkar muat cair dengan menggunakan pipa berkapasitas 250 ton per jam untuk NH_3 dan 180 ton per jam untuk H_2SO_4 .

4.1.1 Deskripsi Departemen Distribusi Wilayah II

Departemen Distribusi Wilayah II dibawah oleh Direktorat Pemasaran. Direktorat Pemasaran bertugas untuk melakukan penjualan dan pendistribusian produk produk perusahaan. Direktorat Pemasaran membawahi Departemen Distribusi Wilayah I dan Departemen Distribusi Wilayah II. Departemen Distribusi Wilayah II (Diswil II) bertugas untuk mengelola pendistribusian pupuk ke luar wilayah Jawa-Bali (Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara, dan Papua). Pada Diswil II ini, pengiriman akan dilakukan melalui jalur laut dengan menggunakan moda transportasi kapal. Berikut merupakan alur urutan distribusi pupuk di Diswil II :



Gambar 4. 2 Urutan Distribusi Pupuk di Diswil II PT Petrokimia

Berdasarkan Gambar 4.2 di atas, dapat diketahui bahwa dalam pendistribusian produk pupuk memiliki tiga jenis urutan yaitu *port to port*, *port to door*, dan *door to door* :

- *Port to port* : pengiriman produk antar pelabuhan, yaitu dari pelabuhan Gresik ke pelabuhan yang terdekat dengan gudang penyangga
- *Port to door* : pengiriman produk dari pelabuhan sampai ke pintu gudang penyangga
- *Door to door* : pengiriman produk dari pintu gudang Gresik sampai ke pintu gudang penyangga.

Adapun perencanaan untuk moda transportasi, Diswil II memiliki empat bentuk moda transportasi yaitu :

- *Time charter* : jenis sewa kapal berdasarkan durasi waktu tertentu, biasanya satu tahun.
- *Voyage charter* : jenis sewa kapal untuk satu kali perjalanan ke tempat tujuan
- *Container* : jenis sewa berdasarkan jumlah ton yang diangkut dalam kapal
- Angkutan Darat

Pada skema *Port to Port*, PT Petrokimia menggunakan moda kapal sewa jenis *time charter* dan *voyage charter* dari satu pelabuhan ke pelabuhan tujuan lain. Sedangkan untuk skema *Port to Door*, PT Petrokimia bisa menggunakan kapal

dengan jenis *voyage charter*. Adapun untuk *Door to Door* menggunakan kapal jenis *container* yang akan mengantarkan produk pupuk langsung sampai ke gudang penyangga tujuan.

4.2 Pengumpulan Data

Pada subbab ini akan ditampilkan data data yang digunakan dalam penelitian. Data data tersebut terdiri dari data struktural, data operasional, dan data numerik yang meliputi kapal, terminal pelabuhan muat, dan terminal pelabuhan bongkar.

4.2.1 Data Struktural

Data struktural merupakan data yang menunjukkan struktur objek dari sistem yang ada. Berdasarkan jenis data yang dibutuhkan, terdapat tiga jenis data yaitu data kapal, data pelabuhan muat, dan pelabuhan bongkar. Tabel berikut menunjukkan data struktural kapal dan pelabuhan :

Tabel 4. 2 Data Struktural Kapal

No	Nama Kapal	Jenis Kapal	Tipe sewa kapal
1	Tradisi 7	Kapal kargo	<i>Time charter</i>
2	Shanon	Kapal kargo	<i>Time charter</i>
3	Tradisi 8	Kapal kargo	<i>Time charter</i>

Tabel 4. 3 Data Struktural Pelabuhan Muat

Nama Terminal	Jenis Terminal	Lokasi
TUKS PG	Pelabuhan Khusus (milik sendiri)	Jl. PT Petrokimia Gresik, Tlogopojo, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik Jawa Timur (-7.144, 112,658)

Tabel 4. 4 Data Struktural Pelabuhan Bongkar

No	Nama Terminal	Jenis Terminal	Lokasi
1	Pelabuhan Pulau Baai, Bengkulu	Pelabuhan Umum	Jl. Ir. Rustandi Sugianto, Tlk. Sepang, Kp. Melayu, Kota Bengkulu, Bengkulu 38216 (-3.908, 103, 305)
2	Pelabuhan Boombaru, Palembang	Pelabuhan Umum	Jl. Blinyu, Lawang Kidul, Ilir Tim. II, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30111 (-2.973, 104. 781)

4.2.2 Data Operasional

Data operasional adalah data yang menunjukkan cara sistem bekerja, seperti rute pengiriman atau *scheduling* dari kapal dan juga *time windows* di setiap terminal pelabuhan baik pelabuhan muat di Gresik maupun pelabuhan bongkar di Bengkulu dan Palembang.

Pada setiap terminal pelabuhan, jam operasional pelabuhan adalah 24 jam, artinya setiap kapal yang datang akan dapat segera dilayani selama 24 jam apabila dermaga dalam keadaan *idle* atau kapal dapat bersandar. Fasilitas bongkar muat yang dimiliki di setiap pelabuhan berupa *crane* yang akan digunakan apabila *crane* kapal mengalami kerusakan atau mengalami penurunan performansi fungsi dengan baik. Pada pelabuhan bongkar, dikarenakan pelabuhan merupakan terminal umum milik Pelindo, maka akan terjadi kongesti (antrian) saat kapal akan bersandar ke pelabuhan tujuan. Hal tersebut disebabkan karena adanya antrian dengan kapal kapal lain selain kapal milik Petro yang memiliki tujuan yang sama dan menggunakan jasa pelabuhan umum tersebut. Untuk pelabuhan muat di Gresik, kongesti tetap bisa terjadi namun dengan durasi waktu yang sedikit dibandingkan dengan kongesti di pelabuhan tujuan.

Adapun untuk *scheduling* kapal, kapal akan secara kontinyu memiliki penugasan pengiriman ketika kapal tersedia di pelabuhan Gresik. Hal tersebut dilakukan mengingat jenis kapal yang disewa merupakan metode sewa *time charter*, sehingga utilitas kapal yang tinggi akan lebih diinginkan karena bisa mengurangi ketidakefisienan pengeluaran perusahaan. Ketika kapal tersedia dan sampai di pelabuhan muat di Gresik, penentuan tujuan wilayah pengiriman ditentukan melalui mekanisme *coverage days*, yaitu tingkat rata rata lama waktu suatu inventori dapat bertahan memenuhi *demandnya*. Wilayah dengan nilai *coverage days* yang kecil menunjukkan bahwa inventori tersebut juga semakin rendah durasinya untuk bisa bertahan sebelum mencapai *stockout*, dan menunjukkan bahwa inventori tersebut berada di posisi kritis sehingga perlu untuk dilakukan pengiriman ke wilayah tersebut. Pengecualian terjadi jika terdapat kondisi *urgent* atau terdapat kondisi tarik stok, barulah kapal akan ditugaskan untuk wilayah *urgent* tersebut (diluar wilayah Bengkulu dan Palembang).

Ketika kapal sampai di pelabuhan muat di Gresik, kapal akan menjalani proses *pretime* sebelum dilakukan proses pemuatan, dan setelah dilakukan pemuatan kapal akan menjalani proses *posttime*. Begitu juga ketika kapal tiba di pelabuhan bongkar saat melakukan proses pembongkaran. Sebelum proses *pretime* di pelabuhan Gresik akan terlebih dahulu dilakukan pengecekan kondisi kapal, apakah kapal siap untuk dilakukan proses muat atau tidak. Jika terjadi kondisi yang sekiranya kapal kurang baik dan dirasa tidak siap untuk melakukan pemuatan dan aktivitas pelayaran selanjutnya, maka kapal akan *di off hire* dan kapal akan diganti dengan kapal yang lain oleh agen penyewa kapal. Kapal yang diganti akan diusahakan memiliki kapasitas yang sama dengan kapal sebelumnya. Untuk menunggu kapal pengganti ini biasanya akan ada *delay* sekitar enam hari dari waktu awal. Hal ini dapat merugikan perusahaan karena aktivitas pelayaran kehilangan waktu yang seharusnya bisa menjadi *added value* bagi perusahaan. Tabel 4.5 berikut menunjukkan contoh aktivitas kapal :

Tabel 4. 5 Data Operasional Aktivitas Kapal

Nama Kapal	KM TRADISI 7	
Kapasitas muat	1000 Ton	
Voyage Ke	SPKP 2258.03	
Tujuan	Gresik – Bengkulu- Gresik	
Aktivitas	Tanggal Mulai	Jam
Sandar	4 Februari 2016	15.55
Muat	4 Februari 2016	19.10
Selesai/ bunker	9 Februari 2016	06.00
Tiba di tujuan	13 Februari 2016	06.35
Sandar	18 Februari 2016	17.15
Bongkar	19 Februari 2016	23.44
Selesai bongkar	26 Februari 2016	08.30
Tiba di tujuan	2 Maret 2016	15.30

4.2.3 Data Numerik

Data numerik yang dibutuhkan dalam merancang model simulasi adalah *production rate* setiap unit pabrik produksi Phonska saat kondisi normal dan ada *recovery*, data waktu antar kedatangan *downtime*, data lamanya durasi *downtime* dan *recovery*-nya, data *demand rate* setiap gudang baik di Bengkulu maupun Palembang, kapasitas setiap gudang di Bengkulu dan Palembang, kecepatan *loading*, waktu berlayar kapal, kecepatan *unloading* di setiap pelabuhan, kecepatan kapal, kapasitas setiap kapal, serta biaya biaya operasional kapal. Berikut merupakan tabel rekap data numerik :

Tabel 4. 6 Data Numerik Kapasitas Kapal

No	Nama Kapal	Kapasitas (ton)	Harga sewa per tahun (rupiah)
1	Tradisi 7	1000	Rp 3.300.000.000
2	Shanon	1800	Rp 4.255.200.000
3	Tradisi 8	2000	Rp 4.728.000.000

Untuk mendapatkan kecepatan kapal dari setiap perjalanan, digunakan data historis lama waktu berlayar dari pelabuhan muat menuju pelabuhan bongkar dan sebaliknya. Kemudian dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan jarak dibagi dengan lama waktu berlayar tersebut. Pada Tabel 4.7 berikut ini menunjukkan data numerik konsumsi bahan bakar kapal :

Tabel 4. 7 Data Numerik Konsumsi Bahan Bakar Kapal

No	Nama Kapal	Jumlah Mesin	Konsumsi Mesin Utama (kl/ hari)	Konsumsi Mesin Bantu (kl/hari)	Harga bahan bakar per liter (rupiah)
1	Tradisi 7	1 mesin utama + 2 mesin bantu	2,5	0,28	Rp 7900
2	Shanon	1 mesin utama + 2 mesin bantu	4,6	0,4	Rp 7500
3	Tradisi 8	1 mesin utama + 2 mesin bantu	4,8	0,4	Rp 7300

Untuk proses berlayar, setiap kapal membutuhkan satu mesin utama dan satu mesin bantu, sedangkan untuk proses *loading unloading* membutuhkan dua mesin bantu. Adapun jika terjadi kongesti atau antrian pelabuhan, maka akan

dikenakan biaya kongesti yang didapatkan dari konsumsi satu mesin bantu dikalikan durasi lamanya kongesti. Selanjutnya Tabel 4.8 berikut akan menjelaskan data jarak antar pelabuhan:

Tabel 4. 8 Jarak Antar Pelabuhan

No	Tujuan	Jarak (mil laut)
1	Gresik - Bengkulu	768
2	Gresik - Palembang	638

Pada Tabel 4.9 ditunjukkan kapasitas produksi dari setiap *plant* penghasil pupuk Phonska. Terdapat lima *plant* yang tersedia di perusahaan untuk memproduksi pupuk Phonska subsidi. Masing masing *plant* ini memiliki kapasitas produksi yang berbeda beda setiap tahunnya. Berdasarkan kapasitas produksi ini selanjutnya akan dicari *rate* produksi dari masing masing *plant* untuk Bengkulu dan Palembang.

Tabel 4. 9 Kapasitas Produksi Pabrik Phonska

No	Unit Plant Phonska	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1	Phonska I	450.000
2	Phonska II	600.000
3	Phonska III	600.000
4	Phonska IV	600.000
5	NPK Granulasi	460.000

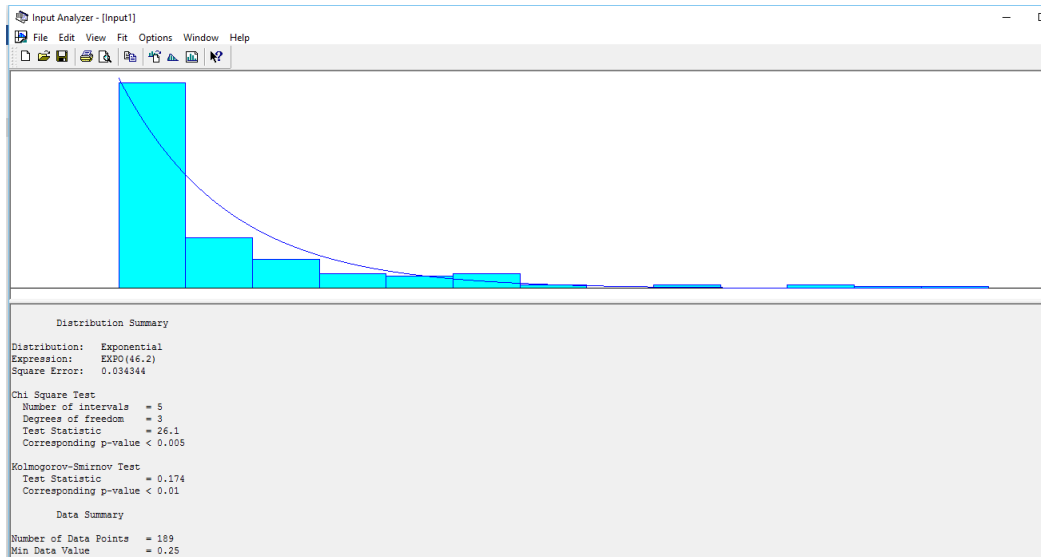
Pada Tabel 4.10 ditunjukkan kapasitas gudang untuk *supply* di Gresik dan kapasitas gudang daerah tujuan baik untuk Bengkulu maupun Palembang. Kondisi stok di gudang tujuan tidak bisa melebihi kapasitas gudang yang ada, sedangkan stok di Gresik jika melebihi kapasitas gudang maka dapat dilakukan penyimpanan secara *open storage*.

Tabel 4. 10 Kapasitas Gudang

No	Gudang	Kapasitas (ton)
1	Gresik	30.000
2	Bengkulu	6000
3	Palembang	10.000

4.3 Pengolahan Data

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan pada subbab pengumpulan data, selanjutnya akan dilakukan pengolahan data berupa proses *fitting distribution* di software Arena. Berikut merupakan salah satu contoh hasil *fitting distribution* untuk waktu antar kedatangan *downtime* pabrik Phonska I:



Gambar 4. 3 *Fitting Distribution* Antar Kedatangan *Downtime* Phonska I

Berdasarkan Gambar 4.3 di atas, dapat diketahui bahwa distribusi untuk waktu antar kedatangan *downtime* Phonska adalah distribusi eksponensial dengan rata rata 46.2 jam. Hal yang sama akan dilakukan untuk proses proses yang ada dalam aktivitas kapal di sistem. Rekap hasil *fitting distribution* ditunjukkan dalam tabel berikut ini :

Tabel 4. 11 Rekap Pengolahan Data

Parameter	Distribusi
Rate Produksi Plant Phonska I	TRIA (1.48, 1.55, 1.56)
Rate Produksi Plant Phonska II	TRIA (1.684, 1.71, 1.736)
Rate Produksi Plant Phonska III	TRIA (2.31, 2.35, 2.38)
Rate Produksi Plant Phonska IV	TRIA (2.25, 2.27, 2.38)
Rate Produksi NPK Granulasi	TRIA (0.6, 0.628, 0.64)
Waktu antar Kedatangan <i>supply disruption</i> Plant Phonska I	EXPO (46.2)
Waktu antar Kedatangan <i>supply disruption</i> Plant Phonska II	EXPO (37.3)

Tabel 4.11 Rekap Pengolahan Data (Lanjutan)

Parameter	Distribusi
Waktu antar Kedatangan <i>supply disruption</i> Plant Phonska III	EXPO (27)
Waktu antar Kedatangan <i>supply disruption</i> Plant Phonska IV	-0.001 + EXPO (51.8)
Waktu antar Kedatangan <i>supply disruption</i> Plant NPK Granulasi	WEIB (9.02, 1.37)
Durasi <i>supply disruption</i> Plant Phonska I	TRIA (0.043, 0.923, 12.67)
Durasi <i>supply disruption</i> Plant Phonska II	TRIA (0.043, 0.8, 18.33)
Durasi <i>supply disruption</i> Plant Phonska III	TRIA (0.043, 0.706, 15.75)
Durasi <i>supply disruption</i> Plant Phonska IV	TRIA (0.043, 0.923, 17.83)
Durasi <i>supply disruption</i> Plant NPK Granulasi	TRIA (0.043, 0.399, 2.75)
Rate <i>Increasing</i> Plant Phonska I	TRIA (1.67, 1.77, 1.78)
Rate <i>Increasing</i> Plant Phonska II	TRIA (1.87, 1.98, 1.99)
Rate <i>Increasing</i> Plant Phonska III	TRIA (2.58, 2.72, 2.74)
Rate <i>Increasing</i> Plant Phonska IV	TRIA (2.55, 2.69, 2.71)
Rate <i>Increasing</i> NPK Granulasi	TRIA (0.67, 0.685, 0.72)
Kecepatan Kapal Tradisi 7	TRIA(5.46, 6.78, 8)
Kecepatan Kapal Shannon	TRIA(5.73, 6.56, 8.51)
Kecepatan Kapal Tradisi 8	TRIA (6.21, 7.42, 8.33)
Rate Demand Januari Bengkulu	TRIA (93.638, 96.67, 98.21)
Rate Demand Februari Bengkulu	TRIA (108.36, 113.33, 118.395)
Rate Demand Maret Bengkulu	TRIA (110.362, 113.33, 115.398)
Rate Demand April Bengkulu	TRIA (111.589, 116.67, 122.751)
Rate Demand Mei Bengkulu	TRIA (92.621, 96.67, 101.73)
Rate Demand Juni Bengkulu	TRIA (80.644, 86.67, 93.699)
Rate Demand Juli Bengkulu	TRIA (56.94, 60, 63.055)
Rate Demand Agustus Bengkulu	TRIA (38.287, 43.33, 48.375)
Rate Demand September Bengkulu	TRIA (53.94, 60, 65.065)
Rate Demand Oktober Bengkulu	TRIA (79.26, 83.33, 88.49)
Rate Demand November Bengkulu	TRIA (97.25, 103.33, 110.407)
Rate Demand Desember Bengkulu	TRIA (104.90, 110, 115.091)
Rate Demand Januari Palembang	TRIA (116.255, 123.33, 130.405)
Rate Demand Februari Palembang	TRIA (138.24, 143.33, 148.412)
Rate Demand Maret Palembang	TRIA (138.254, 143.33, 147.406)
Rate Demand April Palembang	TRIA (144.956, 150, 155.044)
Rate Demand Mei Palembang	TRIA (117.265, 123.33, 129.395)
Rate Demand Juni Palembang	TRIA (100.64, 106.67, 112.69)
Rate Demand Juli Palembang	TRIA (73.62, 76.67, 79.72)
Rate Demand Agustus Palembang	TRIA (48.25, 53.33, 59.089)
Rate Demand September Palembang	TRIA (70.64, 76.67, 82.74)
Rate Demand Oktober Palembang	TRIA (101.60, 106.67, 111.73)
Rate Demand November Palembang	TRIA (124.94, 130, 135.066)
Rate Demand Desember Palembang	TRIA (131.6, 136.67, 141.739)
Lama proses <i>pretime</i> Gresik	TRIA (3, 7.64, 22)
Kecepatan <i>loading</i>	TRIA (10, 11.7, 33)
Lama proses <i>posttime</i> Gresik	TRIA (2, 4, 8.66)
Lama kongesti Bengkulu	TRIA (72, 106, 312.45)
Lama kongesti Palembang	TRIA (24, 259, 413)
Lama <i>pretime</i> Bengkulu	TRIA (0.999, 24.1, 26.2)

Tabel 4.11 Rekap Pengolahan Data (Lanjutan)

Parameter	Distribusi
Lama <i>pretime</i> Palembang	TRIA (3.5, 11.2 , 17.23)
Lama <i>posttime</i> Bengkulu	TRIA (5.21, 6.78, 7.26)
Lama <i>posttime</i> Palembang	TRIA (4.04, 7.04, 7.37)
Lama <i>posttime</i> Palembang	TRIA (4.04, 7.04, 7.37)
Kecepatan <i>unloading</i> Bengkulu	TRIA (4, 7.3, 15)
Kecepatan <i>unloading</i> Palembang	TRIA (10.33, 16.1, 19.77)
Lama kongesti Gresik	TRIA (1.3, 7.2, 47)

Berdasarkan Tabel 4.11 di atas, distribusi yang dipilih dalam *fitting distribution* selain untuk waktu antar kedatangan adalah distribusi triangular, dikarenakan distribusi ini memiliki tiga parameter nilai yaitu nilai terendah (*pessimistic*), nilai tengah (*moderate*), dan nilai tertinggi (*optimistic*). Distribusi ini biasanya digunakan untuk mengestimasi durasi waktu proses dalam proyek. Pada kondisi alam distribusi triangular merupakan distribusi yang menggambarkan kondisi proses sehingga distribusi ini dipilih untuk merepresentasikan pola dari masing masing proses. Distribusi ini dianggap lebih informatif dalam menggambarkan distribusi persebaran data dibandingkan distribusi lain yang memiliki dua parameter nilai. Nilai terbesar yang terdapat pada kecepatan kapal, *production rate*, kecepatan *loading* dan *unloading* merupakan *the most optimist value*. Sedangkan pada waktu proses *pretime* pelabuhan, kongesti antrian sandar, *posttime* pelabuhan, dan durasi *supply disruption* waktu terkecil merupakan *the most optimist value*. Rekap hasil *fitting distribution* ini selanjutnya akan menjadi *input* dalam memasukkan parameter di model simulasi, yang akan dijelaskan pada bab selanjutnya.

BAB 5

PERANCANGAN MODEL SIMULASI

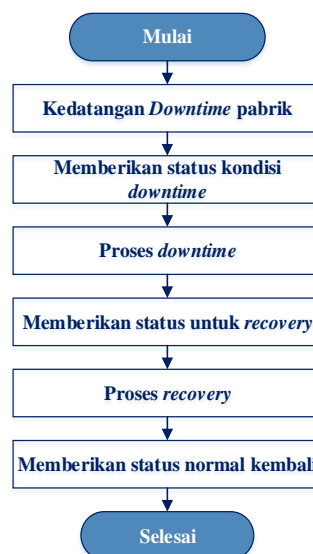
Pada bab ini akan dijelaskan perancangan model simulasi meliputi model konseptual serta model simulasi di *software* Arena. Berdasarkan hasil model simulasi tersebut kemudian akan dilakukan proses verifikasi dan validasi untuk memastikan bahwa model yang dibuat telah mampu merepresentasikan sistem nyatanya.

5.1 Model Konseptual

Pada subbab ini akan ditampilkan model konseptual meliputi model konseptual kedatangan *downtime* pabrik, model konseptual inventori *supply* di Gresik, model konseptual pemilihan pelabuhan tujuan, model konseptual pengiriman pupuk, serta model konseptual berlayar kembali ke Gresik.

5.1.1 Model Konseptual Kedatangan *Downtime* Pabrik

Model konseptual kedatangan *downtime* pabrik akan dijelaskan dalam bentuk *logic flow diagram*.

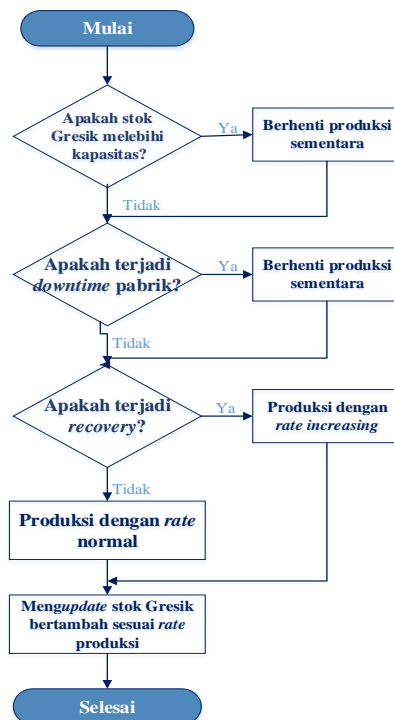


Gambar 5. 1 Model Konseptual
Kedatangan *Downtime* Pabrik

Model konseptual kedatangan *downtime* pabrik diawali dengan adanya *downtime* pabrik dengan waktu antar kedatangan yang berdistribusi tertentu, selanjutnya sistem akan memberikan status kondisi *downtime* untuk menjadi *trigger* bahwa tidak ada kegiatan produksi selama *downtime*. Setelah itu akan ada proses *delay* selama durasi terjadinya *downtime*. Ketika proses *downtime* selesai maka selanjutnya akan diberikan status kondisi *recovery* untuk menjadi *trigger* bahwa kegiatan produksi harus lebih meningkat *ratanya* untuk mengganti *lost production* yang terjadi selama durasi *downtime* berlangsung. Selanjutnya akan ada proses *recovery* dengan durasi selama waktu *recovery*. Ketika proses *recovery* selesai, maka sistem akan kembali memberi status bahwa semua normal kembali, tidak ada *downtime* dan tidak ada *recovery* dan kegiatan produksi bisa berlangsung normal sebagaimana biasanya.

5.1.2 Model Konseptual *Update Inventori Supply* Gresik

Model konseptual *update inventori supply* Gresik akan dijelaskan dalam bentuk *logic flow diagram*.



Gambar 5. 2 Model Konseptual *Update Inventori Supply* di Gresik

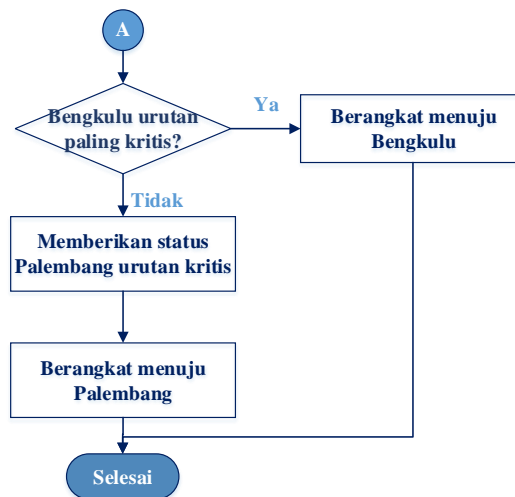
Gambar 5. 2 di atas menunjukkan *flow diagram update inventori supply* di Gresik. Model konseptual *update inventori supply* di Gresik diawali dengan pengecekan apakah stok yang tersedia telah melebihi kapasitas yang ada. Jika belum, maka masih bisa dilakukan kegiatan produksi, namun jika tidak maka kegiatan produksi akan diberhentikan sementara. Selanjutnya ketika produksi akan dilakukan, dilakukan pengecekan apakah terjadi *downtime* pabrik seperti yang telah diidentifikasi oleh sistem di subbab sebelumnya. Jika terjadi *downtime* pabrik, maka kegiatan produksi akan berhenti selama durasi sesuai dengan durasi terjadinya *downtime* pabrik, namun sebaliknya jika tidak ada *downtime* pabrik maka kegiatan produksi akan dilakukan seperti biasanya. Ketika produksi akan benar benar dijalankan, maka akan dilakukan pengecekan apakah akan menggunakan *rate* produksi normal atau *increasing*. Pengecekan yang dilakukan dengan mengidentifikasi status sistem apakah terjadi *recovery*. Jika status sistem terjadi *recovery*, maka *rate* produksi yang digunakan adalah *rate increasing*, yang biasanya berkisar 106%. *Recovery* ini berlangsung selama kurang lebih tujuh kali durasi *downtime*nya. Sedangkan jika tidak ada status *recovery*, maka *rate* produksi yang digunakan adalah *rate* normal seperti biasanya yaitu berkisar 95%. Terakhir akan dilakukan *update* stok inventori di Gresik sesuai *rate* produksi per jamnya.

5.1.3 Model Konseptual Pemilihan Pelabuhan Bongkar Tujuan

Model konseptual pemilihan pelabuhan bongkar tujuan akan dijelaskan dalam bentuk *logic flow diagram*.



Gambar 5. 3 Model Konseptual Pemilihan Pelabuhan Bongkar



Gambar 5.3 Model Konseptual Pemilihan Pelabuhan Bongkar (Lanjutan)

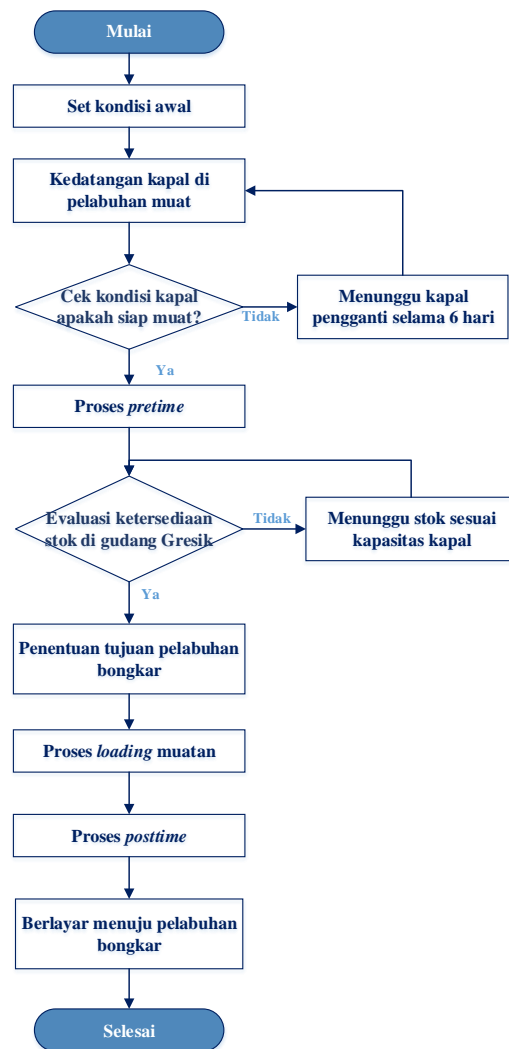
Gambar 5.3 di atas menunjukkan *flow diagram* pemilihan pelabuhan bongkar. Model konseptual pemilihan pelabuhan bongkar diawali dengan melakukan perhitungan *coverage days*. *Coverage days* merupakan rata rata durasi waktu sebuah inventori untuk memenuhi permintaan sebelum mencapai *stockout*. Dalam melakukan pemilihan tujuan pelabuhan bongkar, aturan yang digunakan penugasan pengiriman akan dilakukan kepada pelabuhan yang memiliki tingkat *coverage days* terkecil. Pelabuhan yang memiliki tingkat nilai *coverage days* yang kecil menunjukkan bahwa pelabuhan itu kritis dan akan diprioritaskan sebagai pelabuhan tujuan. Rumus *coverage days* yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Coverage\ days = \frac{stok\ gudang\ tujuan + inventori\ intransit}{rate\ demand \times lead\ time} \quad (5.1)$$

Setelah dilakukan perhitungan nilai *coverage days* untuk setiap pelabuhan Bengkulu maupun Palembang, selanjutnya akan dilakukan pemberian urutan kekritisian untuk setiap pelabuhan. Urutan paling kritis pertama akan diberikan kepada pelabuhan dengan nilai *coverage days* terkecil. Jika Bengkulu yang memiliki urutan kekritisian pertama, maka kapal akan diberangkatkan ke Bengkulu. Namun jika tidak, maka Palembang akan diberi status sebagai pelabuhan kritis dan kapal akan diberangkatkan ke Palembang.

5.1.4 Model Konseptual Pengiriman Pupuk

Model konseptual pengiriman pupuk akan dijelaskan dalam bentuk *logic flow diagram*. Gambar 5. 4 berikut ini menunjukkan *flow diagram* pengiriman pupuk :



Gambar 5. 4 Model Konseptual Pengiriman Pupuk

Berdasarkan Gambar 5.4 di atas, berikut merupakan penjelasan dari *flow diagram* pengiriman pupuk dari Gresik:

1. Set keadaan awal

Model konseptual pengiriman dari pelabuhan Gresik diawali dengan melakukan set keadaan awal, meliputi penetapan jumlah awal kapal,

kapasitas kapal, konsumsi bahan bakar kapal, dan posisi awal setiap kapal. Posisi awal kapal diasumsikan semua kapal berada di pelabuhan Gresik.

2. Kedatangan kapal di pelabuhan muat

Selanjutnya kapal akan memasuki pelabuhan muat di Gresik. Kedatangan kapal di pelabuhan merupakan proses yang *mentrigger* terjadinya proses pengiriman pupuk. Kapal yang tiba di pelabuhan Gresik akan dikenai penugasan pengiriman pupuk mengingat kapal yang disewa adalah *time charter* dan kapal diupayakan agar tidak *idle*.

3. Evaluasi kondisi kapal apakah siap muat

Kapal yang sudah bersandar di dermaga Gresik selanjutnya akan dievaluasi apakah dalam kondisi baik dan siap untuk dilakukan proses pemuatan. Jika kapal dalam kondisi yang kurang baik, maka kapal akan *dioff hire* dan diganti dengan kapal pengganti yang kapasitasnya sama, dengan durasi tunggunya mencapai enam hari. Hal ini dapat merugikan perusahaan karena aktivitas pelayaran kehilangan waktu yang seharusnya bisa menjadi *added value* bagi perusahaan. Jika kapal dalam kondisi baik dan siap muat, maka kapal bisa langsung menuju proses pemuatan.

4. Proses *pretime*

Sebelum kapal melakukan proses pemuatan, terlebih dahulu dilakukan proses *pretime*. Proses ini merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mempersiapkan pelabuhan dan kegiatan administrasi pemuatan. Beberapa kegiatan yang dilakukan saat *pretime* di pelabuhan Gresik adalah *initial draught* (khusus kapal curah), pengecekan kebersihan palka kapal, persiapan peralatan muat, menurunkan *gangway*, serta menunggu kedatangan truk.

5. Evaluasi ketersediaan stok di gudang Gresik

Proses ini dilakukan untuk memastikan bahwa jumlah muatan yang dimuat ke dalam kapal sesuai dengan kapasitas kapal dan tidak adanya waktu tunggu karena stok belum tercukupi. Persamaan matematis yang digunakan dalam tahap ini adalah :

$$\text{jumlah stok Gresik} \geq \text{kapasitas kapal}$$

6. Penentuan tujuan pelabuhan bongkar

Proses penentuan tujuan pelabuhan bongkar dilakukan dengan menggunakan mekanisme tingkat *coverage days* di setiap tujuan. Pelabuhan dengan nilai tingkat *coverage days* terkecil akan menjadi urutan yang paling kritis dan diprioritaskan sebagai tujuan pengiriman.

7. Proses *loading* muatan

Proses ini merupakan proses yang dilakukan untuk memindahkan muatan pupuk dari gudang ke dalam kapal sesuai kapasitas kapal. Proses *loading* dilakukan oleh *crane* kapal dengan kecepatan tertentu, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses *loading* adalah sesuai persamaan matematis berikut :

$$\text{Waktu } loading = \frac{\text{kapasitas kapal}}{\text{kecepatan } loading \text{ di pelabuhan muat}} \quad (5.2)$$

8. Proses *posttime*

Proses ini merupakan serangkaian aktivitas yang dilakukan setelah proses *loading* selesai dilakukan. Beberapa kegiatan yang termasuk dalam proses *posttime* di pelabuhan Gresik ini adalah *final draught* (khusus untuk kapal curah), penutupan dan penerpalan palka kapal, menunggu dokumen izin layar dari syahbandar, dan menunggu pandu tunda.

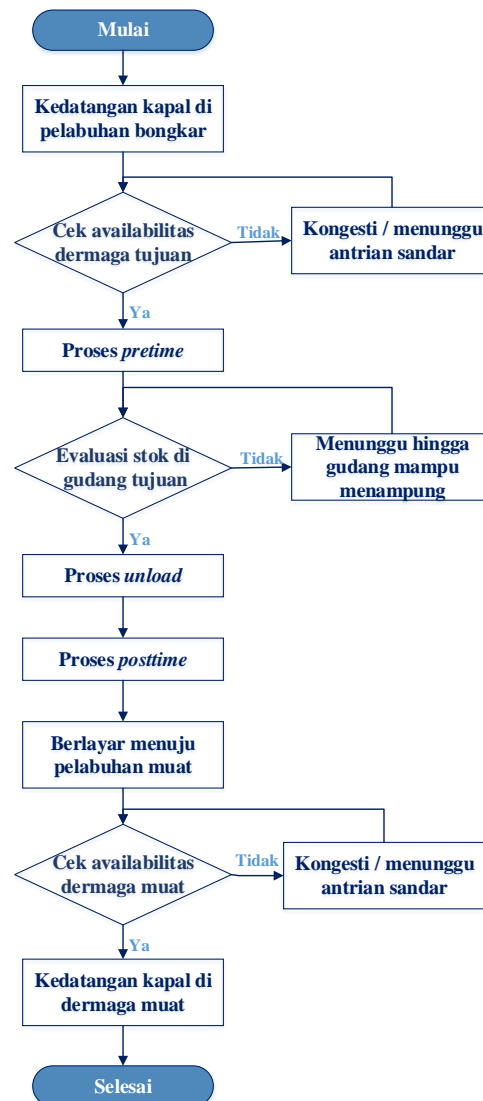
9. Proses berlayar menuju pelabuhan bongkar

Proses ini merupakan proses yang dibutuhkan kapal untuk berpindah dari pelabuhan muat di Gresik menuju ke pelabuhan bongkar yang telah ditentukan sebelumnya. Waktu berlayar dapat diketahui dari persamaan matematis berikut ini :

$$\text{Waktu berlayar} = \frac{\text{jarak pelabuhan}}{\text{kecepatan kapal}} \quad (5.3)$$

5.1.5 Model Konseptual Berlayar Kembali ke Gresik

Model konseptual berlayar kembali ke Gresik akan dijelaskan dalam bentuk *logic flow diagram*. Gambar 5. 5 berikut ini menunjukkan *flow diagram* berlayar kembali ke Gresik :



Gambar 5. 5 Model Konseptual Berlayar Kembali ke Gresik

Berdasarkan Gambar 5.5 di atas, berikut merupakan penjelasan dari *flow diagram* berlayar kembali ke Gresik:

1. Kedatangan kapal di pelabuhan bongkar

Setelah melalui proses berlayar, kapal akan tiba di pelabuhan bongkar tujuan. Kedatangan kapal di pelabuhan bongkar merupakan proses yang *mentrigger* terjadinya proses selanjutnya berupa proses *unloading* muatan dan proses berlayar kembali ke Gresik, mengingat kapal merupakan kapal yang disewa dengan skema *time charter* dan harus kembali ke pelabuhan muat asal yaitu di Gresik untuk memulai pengiriman selanjutnya.

2. Evaluasi ketersediaan dermaga pelabuhan

Pada proses ini dilakukan pengecekan apakah dermaga kosong sehingga kapal dapat melakukan sandar atau tidak. Dermaga di pelabuhan tujuan merupakan milik umum, sehingga selalu ramai dan tidak *idle* ketika kapal tiba di pelabuhan tujuan. Oleh karena itu terjadi antrian kapal atau kongesti dan kapal harus menunggu hingga dermaga kosong.

3. Proses *pretime*

Sebelum kapal melakukan proses pembongkaran, terlebih dahulu dilakukan proses *pretime*. Proses ini merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mempersiapkan pelabuhan dan kegiatan pembongkaran. Beberapa kegiatan yang dilakukan saat *pretime* di pelabuhan bongkar hampir sama dengan *posttime* di pelabuhan muat, meliputi pengecekan kebersihan palka kapal, persiapan peralatan muat, menurunkan *gangway*, serta menunggu kedatangan truk.

4. Evaluasi stok di gudang tujuan

Proses ini dilakukan untuk memastikan bahwa jumlah muatan yang ada di dalam kapal mampu memasuki gudang dan tidak adanya waktu tunggu karena ketersediaan *space* gudang yang tidak mencukupi. Jika jumlah muatan yang dibongkar dari kapal menyebabkan jumlah *inventory* di gudang tujuan melebihi kapasitas gudang maka kapal perlu menunggu hingga gudang mampu menampung. Persamaan matematis yang digunakan dalam tahap ini adalah :

$$\text{jumlah stok tujuan} + \text{kapasitas kapal} \leq \text{kapasitas gudang}$$

5. Proses *unloading* muatan

Proses ini merupakan proses yang dilakukan untuk memindahkan muatan pupuk dari kapal ke gudang tujuan. Proses *unloading* dilakukan oleh *crane* kapal dengan kecepatan tertentu, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses *unloading* adalah sesuai persamaan matematis berikut :

$$\text{Waktu } \textit{unloading} = \frac{\text{kapasitas kapal}}{\text{kecepatan } \textit{unloading} \text{ di pelabuhan bongkar}} \quad (5.4)$$

6. Proses *posttime*

Proses ini merupakan serangkaian aktivitas yang dilakukan setelah proses *unloading* selesai dilakukan. Proses yang dilakukan hampir sama dengan proses *posttime* di pelabuhan muat. Beberapa kegiatan yang termasuk dalam proses *posttime* di pelabuhan bongkar ini adalah penutupan dan penerpalan palka kapal, menunggu dokumen izin layar dari syahbandar, dan menunggu pandu tunda.

7. Berlayar kembali menuju pelabuhan muat di Gresik

Proses ini merupakan proses yang dibutuhkan kapal untuk berpindah dari pelabuhan bongkar menuju ke pelabuhan muat di Gresik. Waktu berlayar dapat diketahui dari persamaan matematis berikut ini :

$$\text{Waktu berlayar} = \frac{\text{jarak pelabuhan}}{\text{kecepatan kapal}} \quad (5.5)$$

8. Evaluasi ketersediaan dermaga pelabuhan Gresik

Pada proses ini dilakukan pengecekan apakah dermaga kosong sehingga kapal dapat melakukan sandar atau tidak. Jika dermaga tidak *available* maka kapal harus menunggu hingga dermaga kosong.

9. Kedatangan kapal di dermaga muat

Kapal yang telah bersandar di dermaga muat selanjutnya akan siap untuk kembali melakukan proses yang sama seperti yang telah dipaparkan sebelumnya, dan siklus pengiriman akan dimulai lagi selanjutnya hingga terus berulang.

5.2 Model Simulasi

Berdasarkan model konseptual yang telah dijelaskan sebelumnya, selanjutnya akan dilakukan pembuatan model simulasi di *software* Arena. Model simulasi yang dibuat meliputi submodel simulasi kondisi awal, submodel simulasi kedatangan *downtime* pabrik, submodel simulasi *update* inventori *supply* di Gresik, submodel simulasi *update* inventori *demand*, submodel simulasi pemilihan pelabuhan bongkar tujuan, submodel simulasi pengiriman pupuk, dan submodel simulasi berlayar kembali ke Gresik.

5.2.1 Submodel Kondisi Awal

Submodel kondisi awal ini dibuat untuk mengatur kondisi awal sistem dan kondisi awal kapal. Gambar 5.6 berikut ini akan menunjukkan model simulasi kondisi awal. Untuk model simulasi kondisi awal, digunakan modul *create*, *assign*, *route*, dan juga *dispose*.



Gambar 5. 6 Submodel Simulasi Kondisi Awal

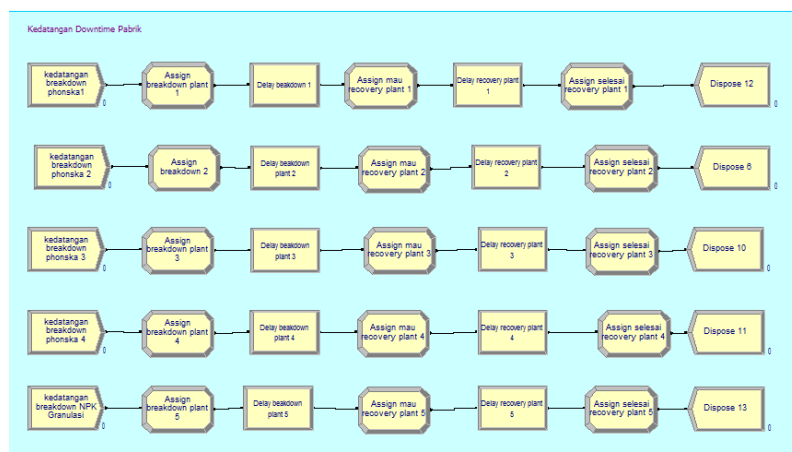
Berdasarkan Gambar 5.6 di atas, untuk model simulasi kondisi awal digunakan modul *create* yang hanya memiliki satu entitas yang datang, berisi aliran informasi nilai awal stok baik di Gresik maupun Bengkulu dan Palembang, *rate* produksi saat kondisi normal dan saat kondisi *recovery*, kapasitas maksimum gudang di setiap tujuan, serta nilai awal dari variabel seperti *intransit inventory*

yang memiliki nilai 0. Nilai awal untuk stok di Gresik yaitu sebesar 3000 ton, untuk gudang Bengkulu yaitu 1900 ton, dan untuk Palembang sebesar 3700 ton. Setelah itu entitas akan keluar lewat modul *dispose*.

Untuk kondisi awal kapal, terdapat tiga modul *create* yang digunakan mewakili tiga unit kapal yang ada, dimana setiap *create* ini batas *max arrival*nya juga hanya satu. Setiap *create* ini lalu ditemplei atribut berupa kapasitas kapal, kecepatan kapal, nomor kapal, harga bahan bakar, jumlah mesin dan konsumsi bahan bakar mesin, serta *entity picture* untuk mempermudah dalam melihat animasi. Atribut atribut ini digunakan untuk perhitungan pada submodel proses pengiriman. Semua kapal yang ada baik kapal Tradisi 7, kapal Shanon, dan kapal Tradisi 8 diasumsikan berada di Gresik. Oleh karena itu, digunakan modul *route* dengan *route times nol* untuk mengindikasikan bahwa lokasi awal kapal adalah semua kapal tersedia di pelabuhan Gresik, tidak ada kapal yang sedang di pelabuhan tujuan atau sedang di tengah laut. Untuk menentukan jumlah kapal yang terdapat pada sistem dapat diatur pada *maximum arrival* dari modul *create* entitas kapal, yaitu dengan mengurangi atau menambahkan nilai pada *maximum arrival*.

5.2.2 Submodel Kedatangan *Downtime* Pabrik

Gambar 5.7 berikut ini akan menunjukkan model simulasi kedatangan *downtime* setiap pabrik. Untuk model simulasi kedatangan *downtime*, digunakan modul *create*, *assign*, *delay*, dan juga *dispose*.



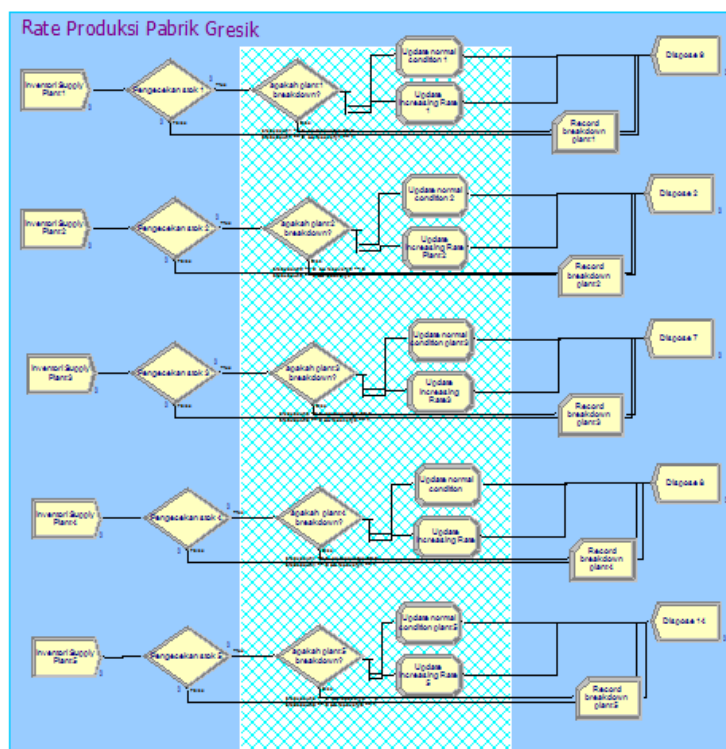
Gambar 5. 7 Submodel Simulasi Kedatangan *Downtime* Pabrik

Berdasarkan Gambar 5.7 di atas, modul *create* menunjukkan kedatangan setiap *downtime* di setiap pabrik, yang waktu datangnya sudah disesuaikan dengan waktu terjadinya *downtime* yang berdistribusi eksponensial ataupun weibull. Terdapat lima *create* yang digunakan karena tersedia lima *plant* yang memproduksi pupuk phonska, yaitu *plant* Phonska I, Phonska II, Phonska III, Phonska IV, dan NPK Granulasi. Jika terdapat entitas yang masuk maka akan diassign status sebagai *downtime*, lalu selanjutnya digunakan modul *delay* untuk menahan entitas dengan durasi *delay* sesuai durasi *downtime*. Hal ini dimaksudkan untuk menjadi *trigger* dalam sistem agar tidak melakukan produksi selama durasi *downtime* ini.

Selanjutnya ketika *downtime* telah selesai maka akan diupdate lagi nilai *downtimenya* dan memulai status *recovery* dengan menggunakan modul *assign*. Proses *recovery* akan berlangsung selama durasi tertentu, sehingga kembali digunakan modul *delay* untuk menahan entitas selama durasi waktu *recovery*. Modul *delay* tersebut bermaksud untuk menjadi *trigger* lamanya kegiatan produksi dengan *rate* yang meningkat. Ketika *recovery* selesai kemudian dilakukan *update* status kembali menjadi normal semua dengan menggunakan modul *assign*, yaitu sudah tidak terjadi *downtime* dan tidak terjadi *recovery* kemudian entitas akan *dispose*.

5.2.3 Submodel Inventori *Supply* Gresik

Submodel ini digunakan untuk mengatur pupuk yang berhasil diproduksi dan masuk ke gudang Gresik. Untuk model simulasi inventori *supply* di Gresik, digunakan modul *create*, *assign*, *decide*, dan juga *dispose*. Submodel ini terdiri dari lima model yang sama untuk menggambarkan lima *plant* yang tersedia dalam memproduksi pupuk Phonska. Gambar 5.8 berikut ini akan menunjukkan model simulasi inventori *supply* di Gresik..



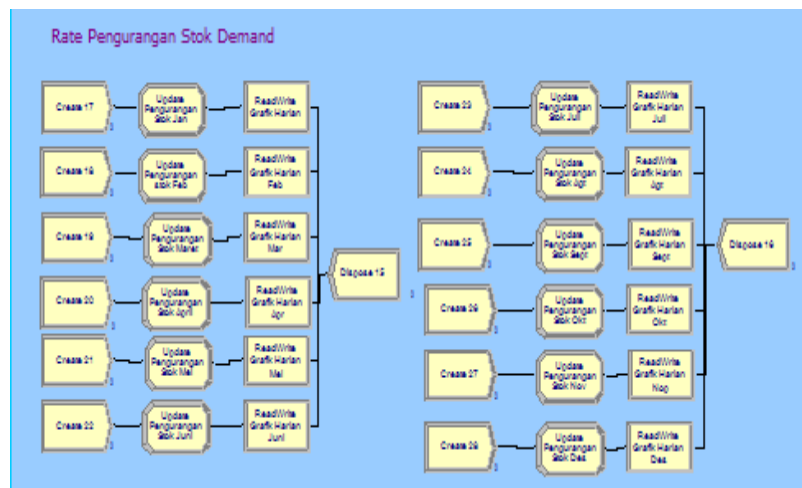
Gambar 5. 8 Submodel Inventori *Supply* Gresik

Berdasar Gambar 5.8 di atas, entitas yang melewati modul *create* adalah aliran laju produksi, dimana waktu antar kedatangan yang digunakan adalah setiap jam dan kedatangannya bersifat *infinite*. Hal tersebut menunjukkan laju produksi akan dilakukan setiap jam selama periode *running*. Ketika entitas melewati modul *decide* akan dilakukan pengecekan apakah kondisi stok Gresik yang ada sudah melebihi kapasitas atau belum. Jika telah melebihi maka entitas akan *disposed* yang berarti tidak akan dilakukan produksi, namun jika belum maka akan dilanjutkan ke kegiatan produksi. Kemudian akan dilakukan pengecekan lagi apakah sistem terjadi *downtime* atau tidak. Modul yang digunakan untuk pengecekan tersebut adalah melalui modul *decide* dengan *N way by condition*, karena terdapat lebih dari dua kemungkinan output. Jika terjadi *downtime* maka entitas akan melewati ke cabang *else* yang kemudian akan keluar meninggalkan sistem mengingat jika terjadi *downtime* tidak bisa dilakukan proses produksi dan tidak ada penambahan *rate* produksi. Sebaliknya jika tidak terjadi *downtime* maka akan dilanjutkan ke proses produksi, melalui modul *assign*. Jika tidak ada *recovery* maka *rate* produksi yang digunakan adalah normal, sedangkan jika terjadi *recovery*

maka *rate* produksi yang digunakan adalah *rate* produksi *increasing*. Setelah itu entitas akan keluar melalui modul *dispose*.

5.2.4 Submodel Inventori *Demand* Tujuan

Submodel ini bertujuan untuk meng-*update* stok yang terdapat di gudang tujuan. Untuk model simulasi inventori *demand* tujuan, digunakan modul *create*, *assign*, dan juga *dispose*. Gambar 5.9 akan menunjukkan model simulasi inventori *demand* tujuan..



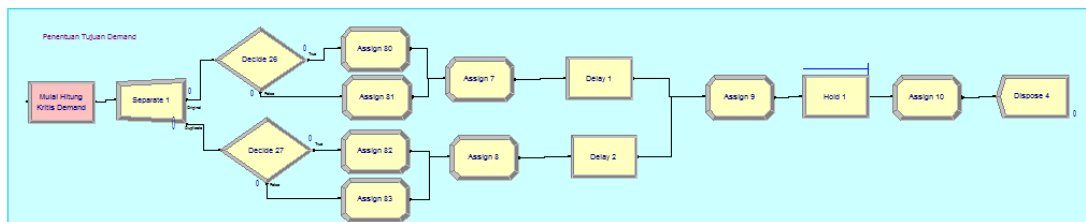
Gambar 5. 9 Submodel Simulasi Inventori *Demand* Tujuan

Berdasarkan Gambar 5.9 di atas, diketahui bahwa model simulasi inventori *demand* tujuan memiliki dua belas modul *create*, dimana setiap modul *create* akan mewakili aliran informasi pengurangan stok setiap bulannya. *Create* akan diisi dengan waktu antar kedatangan satu hari, dan *max arrival* sebanyak tiga puluh, yang menunjukkan laju pengurangan *demand* per hari selama sebulan. Untuk *create* yang kedua juga diinputkan angka yang sama namun *first creation* diubah menjadi 31. Hal tersebut menunjukkan laju pengurangan entitas untuk bulan berikutnya atau hari ke 31, dan begitu seterusnya dilakukan hingga bulan ke dua belas. Penggunaan *create* tersebut digunakan agar *demand rate* yang didapatkan lebih akurat, mengingat *demand* pupuk yang bersifat *seasonal*. *Demand* akan secara fluktuatif mengalami peningkatan saat musim tanam, dan bisa menurun ketika memasuki non musim tanam. Setelah entitas keluar dari modul *create* lalu entitas

akan diassign sesuai *demand rate* per hari, dan dilakukan *update* stok yaitu stok inventori tujuan dikurangi dengan *demand rate* per harinya. Setelah itu entitas akan *dispose*.

5.2.5 Submodel Pemilihan Pelabuhan Bongkar

Submodel ini digunakan untuk melakukan pemilihan pelabuhan bongkar yang akan menjadi tujuan pengiriman. Gambar 5.10 berikut ini akan menunjukkan model simulasi pemilihan pelabuhan bongkar. Untuk model simulasi pemilihan pelabuhan bongkar, digunakan modul *route*, *assign*, *separate*, *delay* dan juga *dispose*.



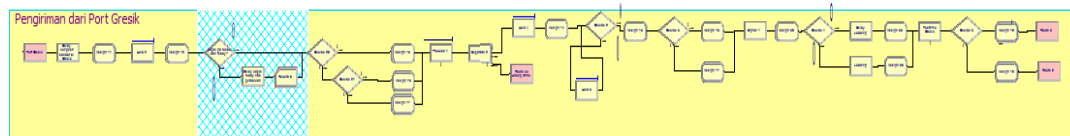
Gambar 5. 10 Submodel Simulasi Pemilihan Pelabuhan Bongkar

Berdasar Gambar 5.10 di atas, diketahui bahwa dalam model simulasi pemilihan pelabuhan bongkar, tidak ada modul *create* yang digunakan, karena entitas yang melewati modul adalah kapal, yang masih sama dengan *create* saat *initial condition* kapal. Modul yang digunakan adalah *station*. Ketika entitas kapal memasuki *station* mulai hitung kritis, maka akan dilakukan pemisahan melalui modul *separate*, yaitu dipisah untuk melakukan perhitungan *coverage days* sesuai jumlah pelabuhan tujuan yang ada. Modul *assign* dilakukan untuk menghitung nilai *coverage days* sesuai rumus yang telah dijelaskan pada rumus 5.1. Setelah dilakukan perhitungan *coverage days* kemudian entitas akan ditahan sesuai durasi *coverage days* yang dimiliki setiap pelabuhan, dan entitas yang keluar dari modul *delay* lebih dahulu menunjukkan entitas dengan tingkat nilai *coverage days* terkecil, sehingga akan diassign sebagai pelabuhan paling kritis. Modul *assign* selanjutnya meng-*update* urutan sehingga urutan kekritisannya sesuai dengan nilai *coverage days*. Modul *hold* digunakan untuk menahan entitas ketika siap untuk

melakukan pengiriman. Setelah semua pelabuhan telah diberikan urutan kekritisitasan dan kapal siap berangkat maka digunakan modul *assign* untuk mengupdate kembali urutan kekritisitasan pelabuhan menjadi nol, dan selanjutnya entitas akan *dispose*.

5.2.6 Submodel Pengiriman Pupuk

Submodel ini berisi mengenai proses pengiriman pupuk dari pelabuhan muat di Gresik menuju pelabuhan bongkar di Bengkulu maupun Palembang. Gambar 5.11 berikut ini akan menunjukkan model simulasi pengiriman pupuk. Untuk model simulasi pengiriman pupuk, digunakan banyak modul mengingat model pengiriman ini menjadi bagian inti dari keseluruhan model simulasi.



Gambar 5. 11 Submodel Simulasi Pengiriman Pupuk

Berdasar Gambar 5.11 di atas, diketahui bahwa modul pengiriman dimulai dari *station* di Gresik. Entitas yang bergerak masih tetap kapal, yang berasal dari modul *create* di submodel *initial condition* kapal. Kapal yang berada di pelabuhan Gresik selanjutnya akan mengalami proses antrian sandar melalui modul *delay*.

Proses yang dilakukan setelah kapal bisa bersandar di dermaga Gresik adalah pengecekan kondisi kapal. Modul *decide* digunakan untuk melakukan pengecekan apakah kapal dalam kondisi baik dan siap untuk muat. Jika kondisi kapal kurang memungkinkan dan dianggap tidak siap untuk melakukan proses muat, maka akan *delay* selama 6 hari untuk menunggu kapal pengganti. Namun jika tidak kapal akan langsung memasuki proses *pretime*. Modul *process* digunakan untuk merepresentasikan proses *pretime*, dengan kondisi *seize delay* dikarenakan pada proses *pretime* ini kapal menggunakan *resource* dermaga pelabuhan. Proses *pretime* ini membutuhkan waktu selama TRIA (3, 7.64, 22) jam.

Setelah melewati proses *pretime*, modul *separate* digunakan untuk menggandakan kapal menjadi dua, dimana entitas hasil *duplicate* ini akan masuk

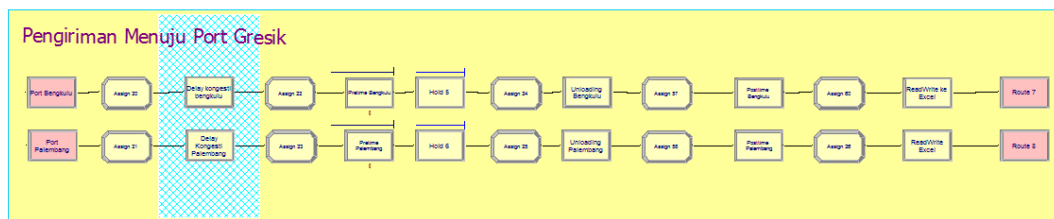
ke *station* perhitungan kritis *demand* sebagai aliran informasi untuk mencari pelabuhan tujuan. Proses pemilihan pelabuhan tujuan bongkar dilakukan sesuai logika pada submodul proses pemilihan pelabuhan tujuan bongkar yang sudah dijelaskan pada subbab sebelumnya. Tujuan yang telah ditentukan dari submodel penentuan tujuan pelabuhan bongkar ini kemudian dijadikan atribut agar menempel pada entitas setiap kapal dan tidak berubah dari tujuan awal. Entitas kapal yang awal akan melanjutkan ke proses evaluasi ketersediaan stok di gudang Gresik. Modul *hold* digunakan untuk menunggu agar jumlah muatan yang masuk ke dalam kapal sesuai dengan kapasitas kapal. Jika stok di Gresik belum memenuhi kapasitas kapal maka kapal akan menunggu hingga stok gudang melebihi kapasitas kapal.

Ketika pelabuhan tujuan bongkar telah terpilih, selanjutnya modul *assign* digunakan untuk melakukan *update intransit inventory*, yaitu stok *supply* di Gresik berkurang sesuai kapasitas kapal dan stok *intransit inventory* bertambah sesuai kapasitas kapal. Modul *delay* digunakan untuk melakukan poses *loading* dengan durasi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses *loading* adalah kapasitas kapal yang dibagi kecepatan *loading*. Kecepatan *loading* yang digunakan sebesar TRIA (10, 12.7, 33).

Setelah melewati proses *loading*, kapal akan melewati proses *posttime*. Modul *process* dengan kondisi *delay release* digunakan untuk menggambarkan proses ini. *Delay release* diilih karena setelah proses *posttime* ini entitas kapal akan melepaskan *resource* dermaga pelabuhan. Proses *posttime* di pelabuhan Gresik membutuhkan waktu sebesar TRIA (2, 4, 8.6) jam. Ketika proses *posttime* selesai maka kapal akan berlayar ke pelabuhan terpilih sesuai dengan kecepatan masing masing kapal. Atribut tujuan yang telah diassign pada penentuan tujuan digunakan sebagai identitas tujuan yang dituju pada pemilihan *decide* tujuan. Waktu tempuh yang digunakan untuk berlayar didapatkan dari hasil pembagian jarak antar pelabuhan dengan kecepatan masing masing kapal. Kecepatan kapal memiliki distribusi tertentu sesuai dengan hasil yang telah didapatkan pada rekap hasil *fitting distribution*.

5.2.7 Submodel Berlayar Kembali ke Gresik

Submodel ini berisi mengenai proses yang dilakukan saat kapal tiba di pelabuhan tujuan hingga berlayar kembali ke pelabuhan muat di Gresik. Untuk model simulasi simulasi berlayar kembali ke Gresik, digunakan modul *assign*, *route*, *delay*, *hold*, dan *station*. Gambar 5.12 berikut ini akan menunjukkan model simulasi berlayar kembali ke Gresik.



Gambar 5. 12 Submodel Simulasi Berlaya Kembali ke Gresik

Berdasarkan Gambar 5.12 diketahui bahwa model simulasi berlayar kembali ke Gresik dimulai dari modul *station* Pelabuhan Bengkulu dan Palembang. Entitas yang akan melewati adalah kapal yang berasal dari pelabuhan muat di Gresik yang sebelumnya melewati modul *route* ke pelabuhan tujuan. Ketika tiba di *station* pelabuhan tujuan, maka kapal akan mengalami kongesti atau proses antri untuk bisa bersandar di dermaga, sehingga digunakan modul *delay*. Kondisi ini dikategorikan sebagai *transportation disruption* yang pada gambar ditunjukkan dengan blok berwarna biru.

Setelah kapal bisa bersandar di dermaga pelabuhan tujuan, selanjutnya kapal akan memasuki proses *pretime*. Modul *process* digunakan untuk merepresentasikan proses *pretime*, dengan kondisi *seize delay* dikarenakan pada proses *pretime* ini kapal menggunakan *resource* dermaga pelabuhan. Proses *pretime* Bengkulu membutuhkan waktu proses TRIA (0.999, 24.1, 26.2) jam sedangkan untuk proses *pretime* Palembang membutuhkan waktu TRIA (3.5, 11.2, 17.23) jam.

Proses yang dilakukan setelah *pretime* adalah pengecekan kondisi gudang tujuan. Pengecekan dilakukan untuk memastikan bahwa jumlah muatan yang ada di dalam kapal mampu memasuki gudang dan tidak adanya waktu tunggu karena

ketersediaan *space* gudang yang tidak mencukupi. Jika jumlah muatan yang dibongkar dari kapal menyebabkan stok di gudang tujuan melebihi kapasitas gudang maka kapal perlu menunggu hingga gudang mampu menampung. Kemudian kapal akan melakukan proses *unloading* sesuai dengan kecepatan *unload* di pelabuhan tujuan.

Setelah melewati proses *unloading*, kapal akan melewati proses *posttime*. Modul *process* dengan kondisi *delay release* digunakan untuk menggambarkan proses ini. *Delay release* dipilih karena setelah proses *posttime* ini entitas kapal akan melepaskan *resource* dermaga pelabuhan. Proses *posttime* di pelabuhan Bengkulu membutuhkan waktu selama TRIA (5.21, 6.78, 7.26) jam sedangkan untuk proses *posttime* di pelabuhan Palembang sebesar TRIA (4.04, 7.04, 7.37) jam. Ketika proses *posttime* selesai maka kapal akan langsung berlayar kembali menuju pelabuhan Gresik. Modul *route* digunakan untuk menunjukkan aktivitas pelayaran kapal. Waktu tempuh yang digunakan untuk berlayar didapatkan dari hasil pembagian jarak antar pelabuhan dengan kecepatan masing masing kapal. Kecepatan kapal memiliki distribusi tertentu sesuai dengan hasil yang telah didapatkan pada rekap hasil *fitting distribution*.

5.3 Perhitungan Jumlah Replikasi

Setelah dilakukan *running* model simulasi selanjutnya akan dilakukan penentuan jumlah replikasi. Penentuan jumlah replikasi dilakukan untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih akurat, mengingat simulasi merupakan metode yang mampu mengakomodir parameter parameter yang bersifat probabilistik dan sifat dari simulasi yang RIRO (*Random Input Random Output*). Kelton, et al., (2000) menjelaskan bahwa salah satu pendekatan untuk mengetahui jumlah replikasi adalah dengan mencoba replikasi awal dan menghitung interval estimasi nilai rata-rata populasi (*half-width*) berdasarkan sampel replikasi tersebut. Rumus *half width* yang digunakan seperti pada persamaan 3.3 dan 3.4 yaitu :

$$hw = e$$

$$\frac{t_{(n-1, \frac{\alpha}{2})} \times std}{\sqrt{n}} = e$$

dengan:

- α = tingkat eror
- n = jumlah replikasi
- std = standar deviasi
- t = nilai t dari t distribution

Pada penentuan jumlah replikasi ini akan menggunakan output berupa jumlah pupuk yang terkirim. Sebagai awal penentuan jumlah replikasi akan dilakukan *running* sebanyak lima kali replikasi, dimana setiap replikasi dilakukan *running* selama satu tahun. Tabel 5.1 berikut menunjukkan *output* lima replikasi:

Tabel 5. 1 *Output Running* Awal Jumlah Replikasi

Replikasi ke	Output Hasil Simulasi	Output Sistem Eksisting
1	52800	53800
2	55600	53800
3	51000	53800
4	51800	53800
5	52000	53800
Rata rata	52640	53800
Std. deviasi	1774.26	0

Berdasarkan hasil *running* tersebut maka nilai *eror half-width* adalah (nilai tingkat eror yang digunakan sebesar 5%) :

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 0,05 \\
 n &= 5 \\
 \text{std} &= 1774.26 \\
 t &= 2.776 \\
 hw &= \frac{t_{(n-1, \frac{\alpha}{2})} \times \text{std}}{\sqrt{n}} \\
 &= \frac{2.776 \times 1774.26}{\sqrt{5}} = 2202.682 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Setelah itu akan dihitung kebutuhan jumlah replikasi dengan mencari nilai n' menggunakan rumus yang sama. Nilai *error absolute* yang digunakan adalah 5% atau sebesar 2632 ton. Berikut merupakan rumus perhitungan nilai n' :

$$n' = \left[\frac{z\left(\frac{\alpha}{2}\right) \times std}{hw} \right]^2$$

$$n' = \left[\frac{1.96 \times 1774.26}{2632} \right]^2$$

$$n' = 1.745$$

$$n' \approx 2$$

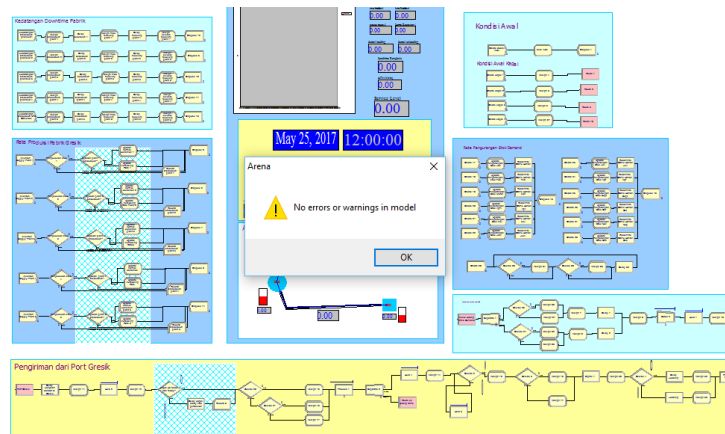
Berdasarkan hasil perhitungan jumlah replikasi tersebut, hasil kebutuhan jumlah replikasi adalah 1,745 atau dibulatkan menjadi 2. Namun dikarenakan hasil kebutuhan jumlah replikasi lebih kecil dibandingkan dengan jumlah replikasi awal, maka jumlah replikasi yang digunakan tetap sama dengan replikasi awal yaitu sebanyak lima replikasi. Hal tersebut dilakukan agar data yang didapatkan lebih akurat dan lebih mengurangi *kerandoman* hasil. Jumlah replikasi ini akan digunakan dalam menganalisis *output* model simulasi baik untuk kondisi eksisting maupun alternatif skenario.

5.4 Verifikasi dan Validasi

Pada subbab ini akan dijelaskan uji verifikasi dan validasi dari model yang telah *dirunning* untuk memastikan bahwa model sudah dapat merepresentasikan sistem nyata eksisting.

5.4.1 Verifikasi

Proses verifikasi dilakukan untuk menguji adanya *syemantic error* dan *syntac error* yang terjadi. Verifikasi untuk *syntac error* dibuktikan dengan hasil *debug* di software Arena yang menyatakan bahwa tidak ada *error* pada model :

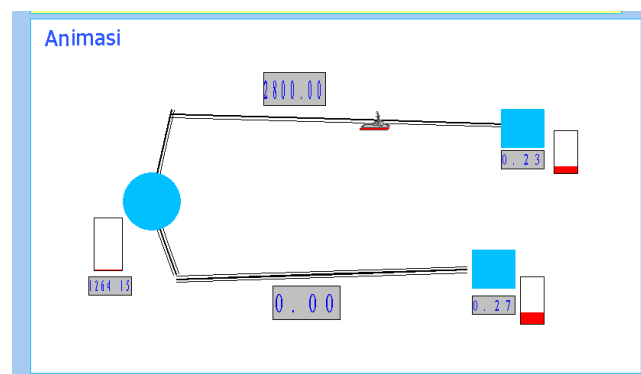


Gambar 5. 13 Verifikasi *Syntac Error* Model Simulasi

Selain uji terhadap *syntac error* juga akan dibuktikan bahwa tidak ada *semantic error*, berupa pengujian apakah logika pada model sudah sesuai dengan logika sistem seharusnya. Hal ini dapat dilihat dari hasil animasi di *software* Arena dan juga tabel output yang terdapat pada lampiran.

5.4.1.1 Verifikasi Aturan Pengiriman Kapal

Pada subbab ini akan dilakukan verifikasi apakah logika pengiriman yang dilakukan sudah sesuai dengan sistem eksisting. Pengecekan yang dilakukan meliputi pengecekan perhitungan nilai *coverage days* setiap tujuan dan pemberian urutan kekritisannya. Selain itu, akan dilakukan pengecekan apakah *inventory intransit* bertambah sesuai kapasitas kapal dan berkurang setelah dilakukan proses *unloading*. Gambar 5.14 berikut merupakan animasi model simulasi :



Gambar 5. 14 Animasi Pengiriman Kapal

Berdasarkan Gambar 5.14 di atas, dapat diketahui dari animasi model simulasi bahwa pemilihan tujuan pengiriman akan dilakukan untuk daerah dengan nilai *coverage days* yang terendah. Entitas kapal digambarkan melalui bentuk kapal. Rumus *coverage days* yang didapat juga sudah sesuai dengan perhitungan matematis pada rumus 5.1. Selain itu, ketika suatu tujuan pengiriman terpilih maka *intransit inventory* akan bertambah sesuai dengan kapasitas kapal yang akan melewatinya. Setelah kapal tiba dan dilakukan proses *unloading* maka *intransit inventory* akan kembali berkurang sesuai kapasitas kapal, dan stok gudang di daerah tujuan tersebut akan bertambah.

5.4.1.2 Verifikasi *Update* Stok Inventori setiap Gudang

Pada subbab ini akan dilakukan verifikasi apakah logika *update* stok yang diinputkan pada model simulasi. Pengecekan yang dilakukan meliputi pengecekan nilai stok di Gresik apakah bertambah setiap harinya sesuai dengan *rate* produksi. Sebaliknya, stok di gudang tujuan baik di Bengkulu maupun Palembang juga harus berkurang setiap harinya. Selain itu juga akan dilakukan pengecekan apakah jika terjadi *downtime* pabrik sistem tidak melakukan proses produksi. Gambar 5.15 berikut merupakan animasi model simulasi :



Gambar 5. 15 Verifikasi *Update* Stok

Berdasarkan Gambar 5.15 di atas, dapat diketahui dari animasi model simulasi bahwa terjadi *update* stok selama periode waktu tertentu. Jumlah stok di *supply* atau di Gresik akan bertambah setiap hari jika tidak ada *downtime*. Jika terjadi *downtime*, tidak akan terjadi penambahan stok di Gresik. Lingkaran yang

berwarna biru pada Gambar 5.15 menunjukkan bahwa pabrik sedang dalam kondisi *downtime* dengan waktu *recovery* selama 4.94 jam, sedangkan lingkaran berwarna putih disampingnya menunjukkan bahwa pabrik tidak dalam kondisi *downtime*. Penambahan stok di Gresik sudah sesuai dengan *rate* produksi yang tercatat di sistem, apakah sedang terjadi *recovery* atau tidak. Jika terjadi *recovery* maka *rate* produksi yang masuk ke sistem akan meningkat. Selain pengecekan kondisi stok Gresik, juga dilakukan pengecekan kondisi stok gudang tujuan. Jumlah stok di gudang tujuan baik Bengkulu maupun Palembang akan berkurang sesuai dengan *rate* konsum setiap harinya. Hal ini sesuai dengan *inputan* model simulasi bahwa *demand rate* datang secara harian.

5.4.2 Validasi

Validasi merupakan proses yang dilakukan untuk membandingkan output hasil simulasi dengan sistem nyata eksisting. Dalam perhitungan validasi ini dilakukan uji hipotesis rata-rata dua populasi. Suatu model dianggap valid jika *output* hasil *running* model simulasi tidak memiliki perbedaan yang signifikan terhadap kondisi sistem nyata eksisting. Data yang digunakan dalam uji validasi ini meliputi jumlah pengiriman, *leadtime* Bengkulu, serta *leadtime* Palembang. Tabel 5.2 berikut menunjukkan *output* hasil model simulasi :

Tabel 5. 2 *Output* Hasil Simulasi

Replikasi ke	Jumlah Pengiriman		<i>Leadtime</i> Bengkulu		<i>Leadtime</i> Palembang	
	Simulasi	Eksisting	Simulasi	Eksisting	Simulasi	Eksisting
1	52800	53800	30.723	29,67	27.889	29.06
2	55600		30.931		26.762	
3	51000		26.65		23.331	
4	51800		28.331		30.745	
5	52000		32.786		31.885	
Rata Rata	52640	53800	29.884	29.67	28.122	29.06
Standar Deviasi	1774.26	0	2.402	0	3.387	0

Uji hipotesis yang digunakan adalah *hypothesis testing independent samples*. *Null hypothesis* yang digunakan adalah tidak terdapat perbedaan signifikan antara rata rata *output* hasil simulasi dengan sistem nyata eksisting, dan sebaliknya *alternative hypothesis* yang digunakan adalah terdapat perbedaan signifikan antara rata rata *output* hasil simulasi dengan sistem nyata eksisting. Jumlah sampel yang digunakan adalah sebanyak lima sehingga pendekatan distribusi yang digunakan adalah *student's t distribution*.

Notasi :

s_1 = standar deviasi sampel hasil simulasi

s_2 = standar deviasi sampel sistem eksisting

n_1 = jumlah sampel hasil simulasi

n_2 = jumlah sampel sistem eksisting

μ_1 = rata rata populasi hasil simulasi

μ_2 = rata rata populasi sistem eksisting

\bar{x}_1 = Rata rata sampel hasil simulasi

\bar{x}_2 = Rata rata sampel sistem eksisting

s_p = *pooled standard deviation*

a. Uji hipotesis jumlah pengiriman :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

$$\alpha = 0.05$$

$$t_{(0.025,4)} = 2.776$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(4)1774.26^2 + (4)0^2}{8}}$$

$$= 1254.592$$

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$t = \frac{(52640 - 53800) - (0)}{1254.59 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}}$$

$$t = -1.461$$

b. Uji hipotesis *leadtime*

Bengkulu :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

$$\alpha = 0.05$$

$$t_{(0.025,4)} = 2.776$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(4)2.402^2 + (4)0^2}{8}}$$

$$= 1.69$$

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$t = \frac{(29.8842 - 29.67) - (0)}{1.69 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}}$$

$$t = 0.19$$

c. Uji hipotesis *leadtime*

Palembang :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

$$\alpha = 0.05$$

$$t_{(0.025,4)} = 2.776$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(4)3.387^2 + (4)0^2}{8}}$$

$$= 2.395$$

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

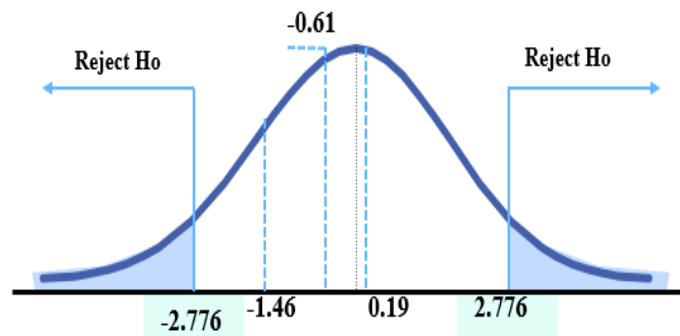
$$t = \frac{(28.1224 - 29.06) - (0)}{2.395 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}}$$

$$t = -0.618$$

Tabel 5. 3 Tabel Uji Hipotesis Rataan Dua Populasi

Jumlah Pengiriman			Leadtime Bengkulu			Leadtime Palembang		
Simulasi		Eksisting	Simulasi		Eksisting	Simulasi		Eksisting
Mean	52640	53800	Mean	29,8842	29,67	Mean	28,1224	29,06
Variance	3148000	0	Variance	5,7730747	0	Variance	11,4744668	1,578E-29
Observations	5	5	Observations	5	4	Observations	5	5
Hypothesized Mean	0		Hypothesized Mean	0		Hypothesized Mean	0	
df	4		df	4		df	4	
t Stat	-1,4619268		t Stat	0,19934295		t Stat	-0,6189226	
P(T<=t) one-tail	0,1087867		P(T<=t) one-tail	0,42585887		P(T<=t) one-tail	0,284737325	
t Critical one-tail	2,1318468		t Critical one-tail	2,13184679		t Critical one-tail	2,131846786	
P(T<=t) two-tail	0,2175734		P(T<=t) two-tail	0,85171773		P(T<=t) two-tail	0,56947465	
t Critical two-tail	2,7764451		t Critical two-tail	2,77644511		t Critical two-tail	2,776445105	

Sehingga jika digambarkan dalam kurva penerimaan uji hipotesis menjadi :



Gambar 5. 16 Grafik Hasil Uji Hipotesis

Berdasarkan Gambar 5.16, diketahui semua nilai hasil perhitungan *t test* untuk ketiga variabel berada dalam *range*, maka hasilnya adalah *do not reject Ho* atau cukup bukti untuk menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil model simulasi dengan kondisi sistem eksisting. Kesimpulannya model simulasi yang dibuat telah valid berdasarkan uji statistik.

BAB 6

EKSPERIMEN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dilakukan eksperimen berbagai macam skenario dan analisis terhadap setiap skenario, untuk selanjutnya akan dilakukan pemilihan skenario terbaik. Hasil skenario terbaik ini juga selanjutnya akan diuji sensitivitasnya untuk mengetahui seberapa sensitif hasil simulasi dapat berpengaruh.

6.1 Eksperimen

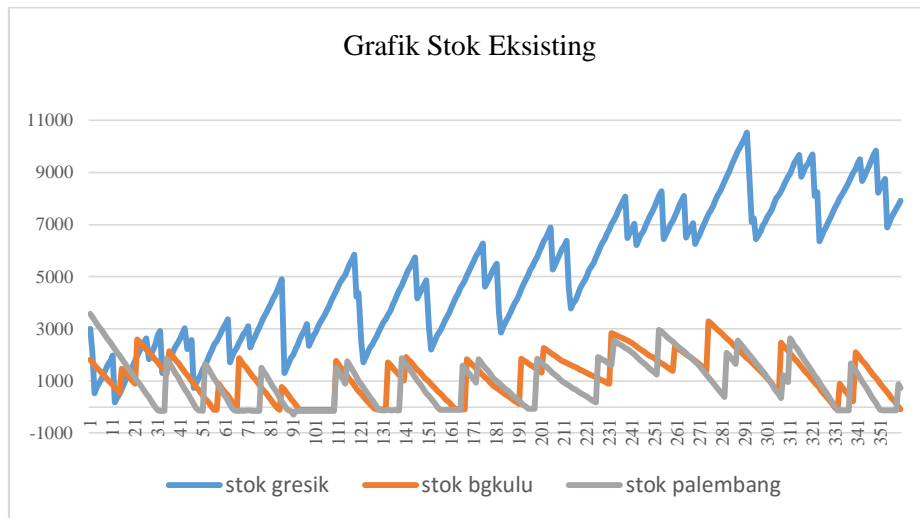
Pada subbab ini akan dilakukan eksperimen model kondisi eksisting dan model dengan berbagai macam skenario yang diusulkan. Skenario yang diusulkan terdiri dari beberapa skenario dasar dan skenario kombinasi dari skenario dasar. Selain itu juga akan dilakukan eksperimen model dengan kondisi *normal condition* dengan tanpa terjadinya *disruption*.

6.1.1 Kondisi Eksisting

Pada kondisi eksisting jumlah kapal yang digunakan dalam proses distribusi menuju Bengkulu - Palembang adalah sebanyak tiga unit. Semua kapal yang digunakan ini memiliki kapasitas dibawah 3500 ton dan disewa dengan skema sewa *time charter*. Pengiriman dilakukan secara *full ship load*, artinya muatan kapal disesuaikan dengan kapasitas kapal yang ada. Dalam proses distribusi ini terdapat *disruption* berupa adanya *downtime* pabrik (*supply disruption*) dan adanya kongesti antrian sandar di pelabuhan maupun adanya *delay* menunggu kapal pengganti jika kapal tidak siap muat (*transportation disruption*). Perusahaan sudah melakukan *recovery* untuk *supply disruption* berupa adanya *recovery production rate*.

Berdasarkan hasil *running* yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa *service level* pengiriman untuk kondisi eksisting adalah sebesar 0,72, dengan rata rata *leadtime* Bengkulu sebesar 30,723 hari dan *leadtime* Palembang adalah sebesar 27,889 hari. Jumlah pupuk yang dihasilkan adalah sebesar 68.343 ton. Rata-rata inventori di gudang Bengkulu sebesar 1155,6 ton sedangkan di gudang Palembang

sebesar 962,68 ton. Biaya pengiriman per ton untuk kondisi eksisting sebesar Rp 228.000. Gambar 6.1 berikut menunjukkan grafik stok gudang selama simulasi :



Gambar 6. 1 Grafik Stok Kondisi Eksisting

Selain grafik stok, juga akan ditampilkan waktu lamanya kongesti kapal di setiap pelabuhan baik di pelabuhan muat di Gresik maupun di pelabuhan tujuan. Hal tersebut dilakukan sebagai dasar untuk *mengenerate* alternatif skenario perbaikan. Tabel 6.1 berikut menunjukkan durasi waktu kongesti kapal di setiap pelabuhan :

Tabel 6. 1 Kondisi Eksisting Durasi Kongesti Kapal di Pelabuhan

Nama Kapal	Jam Tiba di Gresik (jam ke-)	Durasi Antri Pelabuhan Muat (jam)	Tujuan	Jam Tiba di Pelabuhan Tujuan (jam ke-)	Durasi Kongesti Bengkulu (jam)	Durasi Kongesti Palembang (jam)
1	6,85	0	1	175,15	174,26	
3	40,13	0	2	405,59		279,19
2	13,25	2,02	1	289,19	130,21	
1	639,09	0	1	795,40	151,55	
2	985,52	0	1	1233,12	125,6	
3	925,59	0	2	1194,28		160,98
1	1241,47	0	2	1393,04		209,13
2	1660,03	0	1	1851,02	119,21	
3	1766,34	0	2	1962,15		343,29
1	2001,62	0	1	2202,27	137,64	
2	2542,13	0	2	2776,92		263,34
3	2554,14	9,29	1	2807,20	142,1	

Tabel 6.1 Kondisi Eksisting Durasi Kongesti Kapal di Pelabuhan (Lanjutan)

Nama Kapal	Jam Tiba di Gresik (jam ke-)	Durasi Antri Pelabuhan Muat (jam)	Tujuan	Jam Tiba di Pelabuhan Tujuan (jam ke-)	Durasi Kongesti Bengkulu (jam)	Durasi Kongesti Palembang (jam)
1	2718,20	0	2	2904,06		261,86
3	3263,20	0	2	3464,98		282,71
2	3216,15	0	1	3417,12	130,22	
1	3422,42	0	1	3620,31	133,78	
1	4155,72	0	2	4303,62		310,2
2	3999,98	0	1	4260,44	130,94	
3	3960,74	0	2	4242,23		293,01
1	4661,40	0	1	4845,65	117,28	
3	4838,20	0	1	5049,27	312,45	
2	4783,94	0	2	5036,06		209,65
1	5189,94	0	2	5344,47		298,17
2	5644,43	6,58	2	5880,57		279,65
3	5629,41	0	1	5862,29	160,07	
1	5761,32	0	1	5957,78	139,72	
2	6415,26	0	2	6584,42		191,93
1	6595,52	0	1	6799,63	125,89	
3	6468,43	0	2	6713,15		363,55
1	7219,03	0	2	7360,84		413,67
2	7187,08	0	1	7399,69	158,21	
3	7375,19	0	2	7595,40		192,58
1	7900,78	0	1	8068,79	135,94	
2	7987,21	0	1	8170,2053	142,29	

Berdasarkan Tabel 6.1 di atas, diketahui bahwa dengan kondisi eksisting tiga buah kapal rata-rata durasi antrian di pelabuhan muat Gresik hanya sekitar 0,5 jam. Sedangkan rata-rata durasi antrian di pelabuhan Bengkulu sekitar 149 jam dan di pelabuhan Palembang sekitar 265 jam.

6.1.2 Perancangan Skenario

Eksperimen akan dilakukan dengan beberapa alternatif skenario. Skenario yang diusulkan terdiri dari beberapa skenario dasar dan skenario kombinasi dari skenario dasar. Skenario dasar yang pertama adalah adanya penambahan jumlah kapal dan pengubahan kapasitas kapal. Skenario ini dimunculkan berdasarkan pada hasil grafik stok kondisi eksisting. Berdasarkan grafik stok pada Gambar 6.1, stok di Gresik memiliki perbedaan yang cukup signifikan dengan stok gudang di Bengkulu dan Palembang. Selain itu, terjadi perbedaan nilai yang cukup signifikan antara *service level* pengiriman dengan *service level* produksi. Oleh karena itu, akan

dilakukan eksperimen dengan skenario adanya penambahan jumlah armada kapal dan pengubahan kapasitas kapal. Namun, penambahan jumlah kapal dikhawatirkan akan menimbulkan antrian kongesti yang lebih besar di pelabuhan muat di Gresik. Sehingga akan ditunjukkan rekap kongesti kapal di pelabuhan untuk kondisi eksisting (3 kapal) dengan kondisi adanya penambahan kapal (4 kapal). Tabel 6.2 berikut merupakan rekap tabel kongesti kapal di setiap pelabuhan dengan kondisi adanya penambahan kapal :

Tabel 6. 2 Durasi Kongesti Kapal di Pelabuhan dengan Penambahan 1 Kapal

Nama Kapal	Jam Tiba di Gresik (jam ke-)	Durasi Antri Pelabuhan Muat (jam)	Tujuan	Jam Tiba di Pelabuhan Tujuan (jam ke-)	Durasi Kongesti Bengkulu (jam)	Durasi Kongesti Palembang (jam)
1	37,57	9,60	2	209,56		279,19
1	6,85	0	1	173,90	174,26	
3	101,00	13,26	2	501,85		209,13
2	21,39	10,98	1	207,04	130,21	
1	593,46	0	1	813,52	151,55	
1	713,15	0	1	885,83	125,6	
2	978,46	0	1	1312,58	119,21	
3	902,42	0	2	1130,77		343,29
1	1272,21	0	2	1415,54		263,34
1	1485,28	0	1	1680,83	137,64	
2	1712,37	0	2	1897,00		282,71
3	1731,69	0	1	2055,54	142,1	
1	1841,00	9,60	2	2130,63		261,86
1	2143,79	0	2	2282,04		310,2
2	2262,03	0	2	2537,73		293,01
3	2550,89	0	1	2823,26	133,78	
1	2778,93	0	2	3001,06		209,65
1	2670,92	0	1	2869,81	130,94	
2	2984,00	0	2	3253,14		298,17
1	3534,41	0	2	3717,70		279,65
1	3569,73	0	1	3731,22	312,45	
3	3489,93	0	1	3752,11	130,22	
2	3687,24	0	2	4010,89		191,93
1	4155,36	0	2	4326,97		363,55
1	4166,31	5,80	1	4340,02	160,07	
3	4356,76	0	1	4578,14	139,72	
1	4708,50	0	2	4876,31		413,67
2	4624,71	0	2	4890,21		292,58
1	4808,15	0	1	5000,00	125,89	
1	5359,45	0	1	5541,81	158,21	
3	5212,16	0	2	5518,69		313,26
1	5595,95	0	2	5770,42		219,64

Tabel 6.2 Durasi Kongesti Kapal di Pelabuhan dengan Penambahan 1 Kapal (Lanjutan)

Nama Kapal	Jam Tiba di Gresik (jam ke-)	Durasi Antri Pelabuhan Muat (jam)	Tujuan	Jam Tiba di Pelabuhan Tujuan (jam ke-)	Durasi Kongesti Bengkulu (jam)	Durasi Kongesti Palembang (jam)
2	5451,02	0	1	5708,63	135,94	
1	5929,16	0	2	6106,30		291,53
3	5952,36	0	1	6144,07	117,28	
1	6026,73	0	2	6197,94		259,77
1	6453,36	0	1	6632,12	142,29	
2	6275,17	0	2	6489,59		303,82
1	6642,19	6,28	1	6898,66	137,26	
3	6630,37	0	2	6881,68		299,86
1	6992,09	0	1	7205,03	129,85	
2	7100,75	0	2	7299,09		287,37
1	7306,74	0	1	7475,91	134,21	
1	7629,42	0	1	7805,94	119,95	
3	7337,19	0	2	7736,73		295,59
1	7870,00	9,76	1	8161,29	154,72	
2	7821,85	0	2	8097,61		285,93

Berdasarkan Tabel 6.2 di atas, rata rata durasi antri kapal di pelabuhan muat dengan kondisi tiga kapal dan adanya penambahan satu kapal tidak terlalu jauh berbeda. Selain itu, dengan adanya penambahan kapal diharapkan jumlah dan frekuensi pengiriman akan meningkat, sehingga mengurangi perbedaan antara stok di *supply point* dan *demand point* seperti yang terlihat dari Grafik 6.1. Oleh karena itu, skenario penambahan kapal digunakan sebagai alternatif skenario dasar.

Skenario dasar kedua adalah dengan adanya pengiriman kapal secara *not full ship load*. Skenario ini dilakukan berdasarkan hipotesis bahwa penambahan jumlah kapal tidak secara otomatis menambah jumlah pengiriman. Aktivitas proses produksi di pabrik juga turut mempengaruhi proses pendistribusian. Oleh karena itu, akan dilakukan eksperimen skenario dengan pengiriman kapal tidak sesuai kapasitas kapal atau *not full ship load* seperti pada kondisi eksisting.

Skenario berikutnya yang dilakukan adalah dengan adanya pengadaan *jetty* baru di pelabuhan tujuan baik di Bengkulu ataupun Palembang. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi kongesti atau antrian saat kapal akan bersandar di pelabuhan tujuan, mengingat selama ini kondisi pelabuhan tujuan di Bengkulu dan Palembang merupakan pelabuhan umum dan kapal kapal yang datang ke pelabuhan

tersebut merupakan kapal umum milik perusahaan lain. Skenario dasar kedua dan ketiga sudah didiskusikan dengan pihak perusahaan. Sehingga semua alternatif skenario yang diusulkan merupakan skenario yang *feasible* untuk diimplementasikan. Berdasarkan ketiga skenario dasar ini selanjutnya akan dilakukan eksperimen terhadap 11 skenario, yaitu :

Skenario 1 : skenario penambahan kapal 2000 ton

Skenario 2 : skenario penambahan 2 kapal @1000 ton

Skenario 3 : skenario penambahan kapal 3000 ton

Skenario 4 : skenario pengubahan kapal 1000 ton menjadi 3000 ton

Skenario 5 : skenario kapal *not full ship load* dan penambahan kapal 2000 ton

Skenario 6 : skenario kapal *not full ship load* dan pengubahan kapasitas 1000 ton

Skenario 7 : skenario pengadaan *jetty* Bengkulu

Skenario 8 : skenario pengadaan *jetty* Palembang

Skenario 9 : skenario pengadaan *jetty* Palembang dan penambahan 1 kapal

Skenario 10 : skenario pengadaan *jetty* Palembang dan pengiriman *not full ship load*

Skenario 11: skenario pengadaan *jetty* Palembang dan penambahan 1 kapal pengiriman *not full ship load*

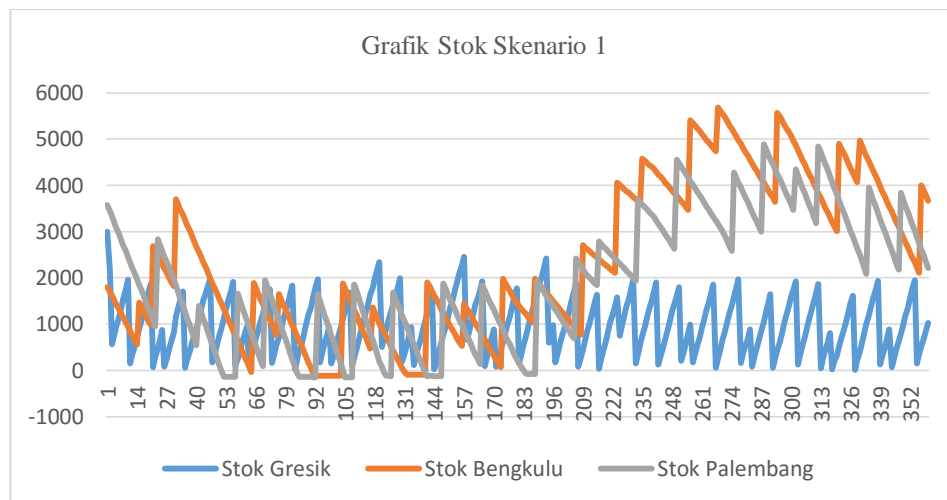
Berikut merupakan eksperimen yang akan dilakukan untuk menentukan skenario terpilih :

6.1.2.1 Skenario Penambahan Satu Kapal Kapasitas 2000 Ton

Eksperimen akan dilakukan dengan skenario adanya penambahan satu kapal berkapasitas 2000 ton. Kapal tambahan ini memiliki status yang sama dengan kapal eksisting yaitu masih tetap disewa dengan metode sewa *time charter*. Penambahan kapal dimaksudkan untuk menambah *resource* yang diperlukan dalam proses distribusi serta meningkatkan jumlah produk yang dikirim. Dengan ditambahkannya jumlah kapal, maka frekuensi pengiriman akan menjadi lebih sering. Frekuensi pengiriman yang meningkat ini diharapkan mampu meningkatkan jumlah produk yang terkirim. Selain itu, kemungkinan terjadinya *stockout* gudang baik Bengkulu maupun Palembang juga akan semakin kecil dan tingkat inventori perusahaan lebih stabil sehingga *service level* perusahaan juga meningkat. Namun,

penambahan jumlah kapal juga dapat menimbulkan konsekuensi tambahan biaya, baik berupa biaya sewa kapal dan biaya perjalanan kapal.

Berdasarkan hasil *running* yang telah dilakukan untuk penambahan satu kapal kapasitas 2000 ton, didapatkan hasil bahwa *service level* pengiriman adalah sebesar 0,896. Rata- rata *leadtime* Bengkulu sebesar 31,14 hari dan *leadtime* Palembang adalah sebesar 31,9 hari. Jumlah pupuk yang dihasilkan dari skenario ini sebesar 68056 ton. Rata-rata inventori di gudang Bengkulu sebesar 2346,29 ton sedangkan di gudang Palembang sebesar 1903,83 ton. Biaya pengiriman per ton yang dikeluarkan untuk skenario ini meningkat menjadi Rp 266.404. Gambar 6.2 berikut menunjukkan grafik stok gudang hasil simulasi :



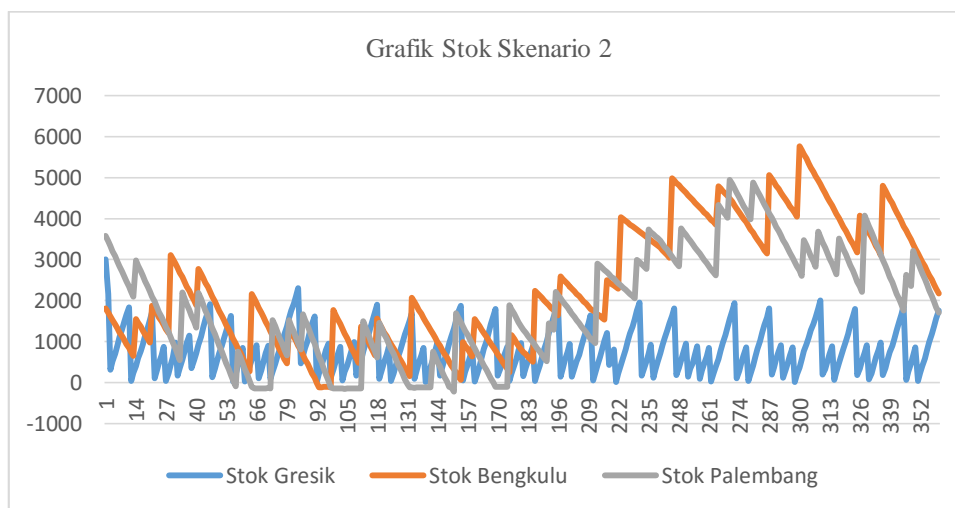
Gambar 6. 2 Grafik Stok Hasil Penambahan Kapal Kapasitas 2000 Ton

6.1.2.2 Skenario Penambahan Dua Kapal Kapasitas 1000 Ton

Pada eksperimen ini akan dibandingkan penambahan satu kapal berkapasitas 2000 ton pada skenario sebelumnya dengan penambahan dua kapal masing masing berkapasitas 1000 ton. Penambahan kapal dimaksudkan untuk menambah *resource* yang diperlukan dalam proses distribusi serta meningkatkan jumlah produk yang dikirim. Dengan ditambahkannya jumlah kapal, maka frekuensi pengiriman akan menjadi lebih sering. Frekuensi pengiriman yang meningkat ini diharapkan mampu meningkatkan jumlah produk yang terkirim. sehingga *service level* perusahaan juga meningkat. Namun, penambahan jumlah

lebih banyak juga dapat menimbulkan konsekuensi tambahan biaya sewa kapal dan biaya perjalanan kapal yang lebih besar.

Hasil *running* untuk skenario penambahan dua kapal menunjukkan bahwa *service level* pengiriman adalah sebesar 0,902. Rata rata *leadtime* Bengkulu sebesar 27,69 hari dan *leadtime* Palembang adalah sebesar 27,89 hari. Jumlah pupuk yang dihasilkan dari skenario ini sebesar 68277 ton. Rata-rata inventori di gudang Bengkulu sebesar 2378,2 ton sedangkan di gudang Palembang sebesar 1978 ton. Total biaya pengiriman per ton untuk skenario ini sebesar Rp 289.818. Gambar 6.3 berikut menunjukkan grafik stok hasil simulasi :



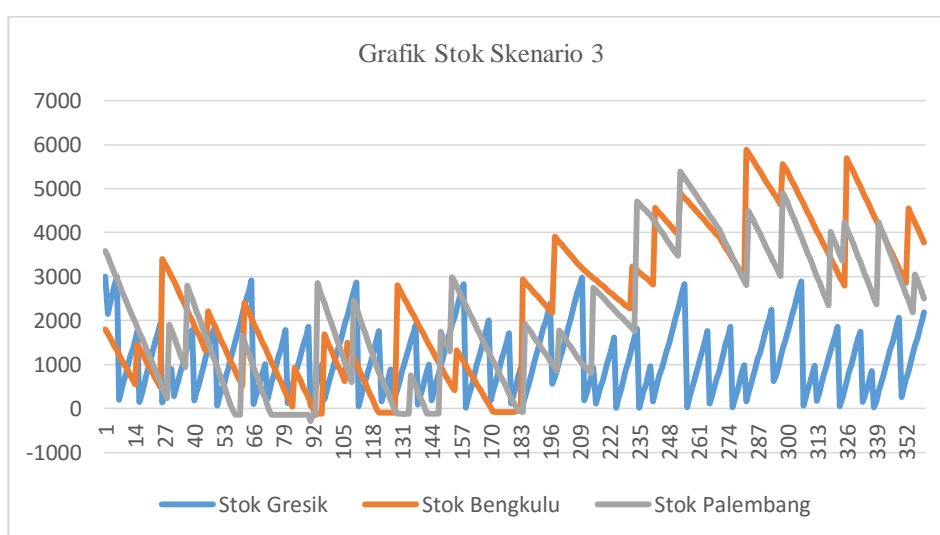
Gambar 6. 3 Grafik Stok Hasil Penambahan Dua Kapal Kapasitas 1000 Ton

6.1.2.3 Skenario Penambahan Satu Kapal Kapasitas 3000 Ton

Pada eksperimen ini dilakukan penambahan satu kapal berkapasitas 3000 ton. Kapal tambahan ini memiliki status yang sama dengan kapal eksisting yaitu masih tetap disewa dengan metode sewa *time charter*. Penambahan kapal kapasitas 3000 ton dimaksudkan untuk menambah *resource* yang diperlukan dalam proses distribusi serta meningkatkan jumlah produk yang dikirim. Dengan ditambahkannya jumlah kapal, maka frekuensi pengiriman akan menjadi lebih sering. Frekuensi pengiriman yang meningkat ini diharapkan mampu meningkatkan jumlah produk yang terkirim, sehingga *service level* perusahaan juga meningkat.

Namun, penambahan kapal juga dapat menimbulkan konsekuensi tambahan biaya sewa dan biaya perjalanan kapal.

Hasil *running* untuk skenario penambahan kapal berkapasitas 3000 ton menunjukkan bahwa *service level* pengiriman adalah sebesar 0,879. Rata rata *leadtime* Bengkulu sebesar 34,68 hari dan *leadtime* Palembang adalah sebesar 33, 49 hari. Jumlah pupuk yang dihasilkan dari skenario ini sebesar 68424 ton. Rata-rata inventori di gudang Bengkulu sebesar 2356 ton sedangkan di gudang Palembang sebesar 2021,7 ton. Total biaya pengiriman per ton untuk skenario ini sebesar Rp 281.383. Gambar 6.4 berikut menunjukkan grafik stok hasil simulasi :



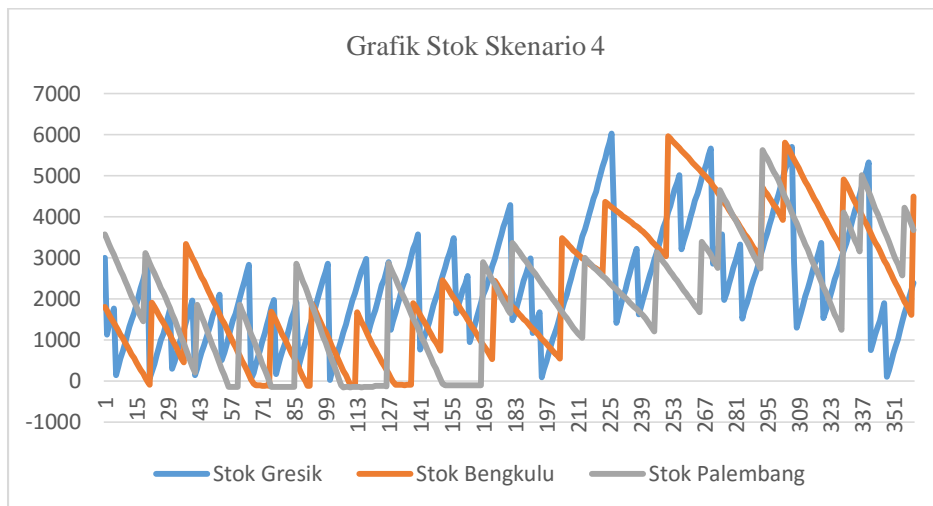
Gambar 6. 4 Grafik Stok Skenario Penambahan Kapal Kapasitas 3000 Ton

6.1.2.4 Skenario Pengubahan Kapasitas Kapal 1000 Ton Menjadi 3000 Ton

Pengubahan kapasitas kapal dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi kinerja distribusi, yaitu meningkatnya jumlah produk yang terkirim namun biaya yang dikeluarkan akan lebih kecil dibandingkan dengan skenario penambahan kapal mengingat tidak ada biaya *fix cost* (sewa kapal) yang dikeluarkan oleh perusahaan. Dengan meningkatnya kapasitas kapal, maka diharapkan akan mampu meningkatkan jumlah produk yang terkirim. Selain itu, kemungkinan terjadinya *stockout* gudang akan semakin kecil dan tingkat inventori perusahaan lebih stabil sehingga *service level* perusahaan juga meningkat. Namun, pengubahan kapasitas kapal ini juga harus tetap memperhatikan batas maksimal bobot kapal yang dapat

ditampung di pelabuhan tujuan, dimana pelabuhan tujuan di Bengkulu dan Palembang mampu menampung kapal kecil atau kapal dengan kapasitas maksimal 3500 ton.

Berdasarkan hasil *running* yang telah dilakukan untuk pengubahan kapasitas kapal Tradisi 7 dari yang semula berkapasitas 1000 ton menjadi 3000 ton, didapatkan hasil bahwa *service level* pengiriman adalah sebesar 0,8628. Rata rata *leadtime* Bengkulu sebesar 35,51 hari dan *leadtime* Palembang adalah sebesar 29.79 hari. Jumlah pupuk yang dihasilkan dari skenario ini sebesar 68056 ton. Rata-rata inventori di gudang Bengkulu sebesar 2351,4 ton sedangkan di gudang Palembang sebesar 2035 ton. Total biaya pengiriman per ton untuk skenario ini adalah sebesar Rp 234.970. Gambar 6.5 berikut menunjukkan grafik stok gudang per periode hasil simulasi :



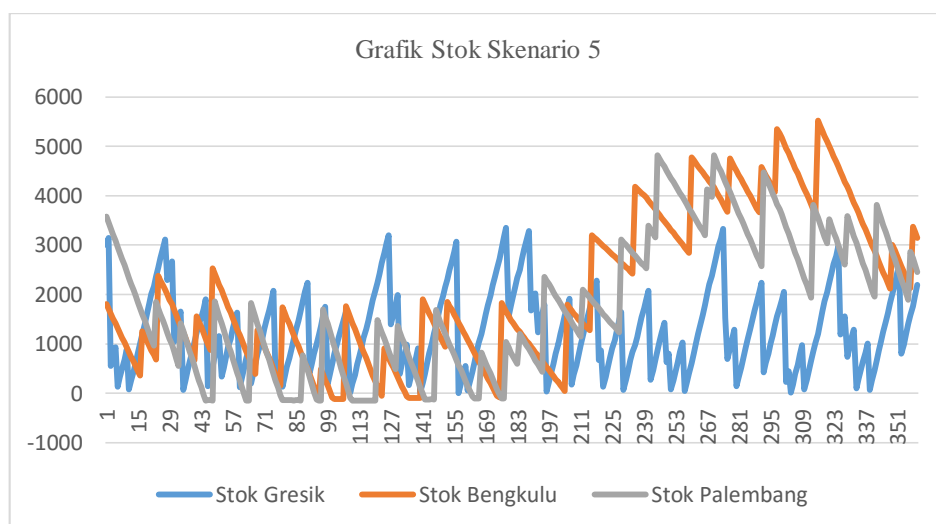
Gambar 6. 5 Grafik Stok Hasil Pengubahan Kapasitas 3000 Ton

6.1.2.5 Skenario Pengiriman *Not Full Ship Load* dan Penambahan Kapal Kapasitas 2000 Ton

Eksperimen ini dilakukan berdasarkan hipotesis bahwa penambahan jumlah kapal tidak secara otomatis menambah jumlah pengiriman. Aktivitas proses produksi di pabrik juga turut dapat mempengaruhi proses pendistribusian. Oleh karena itu, selanjutnya akan dicoba skenario dengan memperbolehkan kapal berangkat tidak sesuai kapasitas kapal atau tidak secara *full ship load* seperti pada

kondisi eksisting. Artinya jika terjadi *supply disruption* dan terdapat kondisi jumlah stok produk yang ada di gudang tidak memenuhi kapasitas kapal, maka kapal tidak harus menunggu hingga stok di gudang mencapai sama atau melebihi kapasitas kapal. Waktu tunggu yang berkurang ini diharapkan akan mampu mengurangi *leadtime* pengiriman baik ke Bengkulu maupun Palembang sehingga dapat mempengaruhi hasil jumlah pengiriman dan tingkat inventori di gudang tujuan. Jumlah kapasitas kapal sebesar 2000 berasal dari skenario sebelumnya. Dengan penambahan jumlah kapal, maka frekuensi pengiriman akan menjadi lebih sering. Frekuensi pengiriman yang meningkat ini diharapkan mampu meningkatkan jumlah produk yang terkirim dan juga meningkatkan *service level* perusahaan. Namun, konsekuensi yang dapat muncul dari skenario ini adalah adanya biaya perjalanan (*voyage cost*) yang lebih meningkat dikarenakan frekuensi pengiriman menjadi lebih sering.

Berdasarkan hasil *running* yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa *service level* pengiriman untuk skenario ini adalah sebesar 0,886. Rata-rata *leadtime* Bengkulu sebesar 22,48 hari dan *leadtime* Palembang adalah sebesar 23,83 hari. Jumlah pupuk yang dihasilkan dari skenario ini sebesar 68387 ton. Rata-rata inventori di gudang Bengkulu sebesar 2092, 93 ton sedangkan di gudang Palembang sebesar 1814, 47 ton. Total biaya pengiriman per ton untuk skenario ini adalah sebesar Rp 268.269. Gambar 6.6 berikut menunjukkan grafik stok gudang:

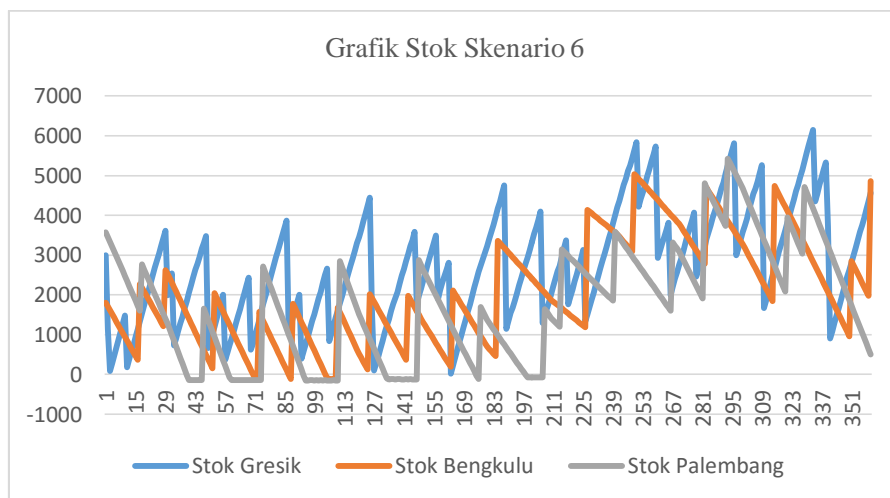


Gambar 6. 6 Grafik Stok Skenario Penambahan Kapal Tidak *Full Ship Load*

6.1.2.6 Skenario Pengubahan Kapasitas Kapal dan Pengiriman Tidak *Full Ship Load*

Pengubahan kapasitas kapal dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi kinerja distribusi, yaitu meningkatnya jumlah produk yang terkirim namun biaya yang dikeluarkan akan lebih kecil dibandingkan dengan skenario penambahan kapal mengingat tidak ada biaya *fix cost* sewa kapal yang dikeluarkan oleh perusahaan. Dengan meningkatnya kapasitas kapal, maka diharapkan akan mampu meningkatkan jumlah produk yang terkirim. Selain itu, kemungkinan terjadinya *stockout* gudang akan semakin kecil dan tingkat inventori perusahaan lebih stabil sehingga *service level* perusahaan juga meningkat. Pada pengiriman *not full ship load*, kapal tidak harus menunggu hingga stok di gudang mencapai sama atau melebihi kapasitas kapal. Waktu tunggu yang berkurang ini diharapkan akan mampu mengurangi *leadtime* pengiriman baik ke Bengkulu maupun Palembang sehingga dapat mempengaruhi hasil jumlah pengiriman dan tingkat inventori di gudang tujuan.

Berdasarkan hasil *running* yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa *service level* pengiriman untuk skenario ini adalah sebesar 0,855. Gambar 6.7 berikut menunjukkan grafik stok gudang hasil simulasi :



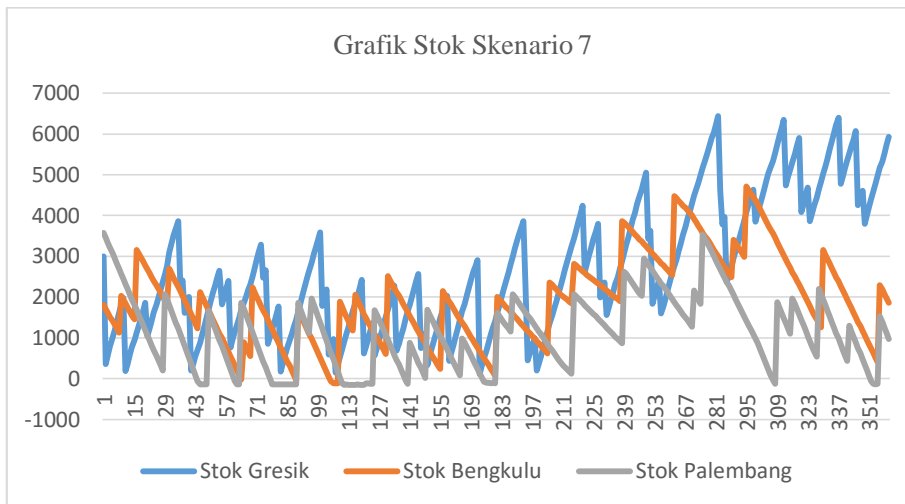
Gambar 6. 7 Grafik Stok Skenario Pengubahan Kapasitas Kapal dan Pengiriman *Not Full Ship Load*

Rata- rata *leadtime* Bengkulu untuk skenario ini sebesar 30,35 hari dan *leadtime* Palembang adalah sebesar 22,53 hari. Jumlah pupuk yang dihasilkan sebesar 68153 ton. Rata-rata inventori di gudang Bengkulu sebesar 2067,7 ton sedangkan di gudang Palembang sebesar 1801,33 ton. Total biaya pengiriman per ton untuk skenario ini adalah sebesar Rp 238.275.

6.1.2.7 Skenario Pembangunan *Jetty* Bengkulu

Eksperimen ini dilakukan untuk mengatasi adanya *transportation disruption* berupa kongesti antrian sandar pelabuhan. Pada skenario ini dilakukan pembangunan *jetty* baru di pelabuhan Bengkulu. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi kongesti atau antrian saat kapal akan bersandar di pelabuhan Bengkulu, mengingat selama ini kondisi pelabuhan tujuan di Bengkulu merupakan pelabuhan umum dan kapal kapal yang datang ke pelabuhan tersebut merupakan kapal umum milik perusahaan lain. Kongesti untuk pelabuhan Bengkulu mencapai maksimal 12 hari. Dengan dibangunnya *jetty* khusus milik perusahaan, waktu untuk kongesti akan berkurang dan bahkan menjadi tidak ada. Namun, pembangunan *jetty* baru bukan merupakan perkara yang mudah dan tentunya membutuhkan banyak biaya. Oleh karena itu, perlu dilakukan *feasibility study* lebih lanjut terhadap adanya pembangunan *jetty* ini. Waktu tunggu antrian sandar atau kongesti yang berkurang ini diharapkan mampu mempersingkat *leadtime* pengiriman sehingga mampu meningkatkan *service level* perusahaan.

Berdasarkan hasil *running* yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa *service level* pengiriman untuk pembangunan *jetty* di Bengkulu adalah sebesar 0.839, dengan rata rata *leadtime* Bengkulu sebesar 21,75 hari dan *leadtime* Palembang adalah sebesar 29,98 hari. Jumlah pupuk yang dihasilkan dari skenario ini sebesar 68203 ton. Rata-rata inventori di gudang Bengkulu sebesar 2347,94 ton sedangkan di gudang Palembang sebesar 1160 ton. Total biaya pengiriman per ton untuk skenario ini adalah sebesar Rp 283.278. Gambar 6.8 berikut menunjukkan grafik stok hasil simulasi :



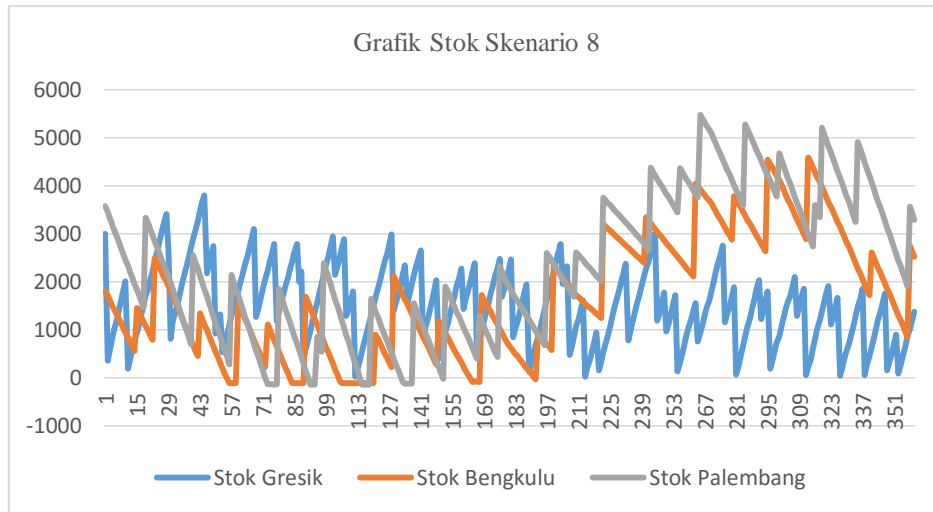
Gambar 6. 8 Grafik Stok Skenario Penambahan *Jetty* Bengkulu

6.1.2.8 Skenario Pembangunan *Jetty* Palembang

Eksperimen ini dilakukan untuk mengatasi adanya *transportation disruption* berupa kongesti antrian sandar pelabuhan. Pada skenario ini dilakukan pembangunan *jetty* baru di pelabuhan Palembang. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi kongesti atau antrian saat kapal akan bersandar di pelabuhan Palembang, mengingat selama ini kondisi pelabuhan tujuan di Palembang merupakan pelabuhan umum dan kapal kapal yang datang ke pelabuhan tersebut merupakan kapal umum milik perusahaan lain. Kongesti untuk pelabuhan Palembang kadang mencapai maksimal 15 hari. Dengan dibangunnya *jetty* khusus milik perusahaan, waktu untuk kongesti akan berkurang dan bahkan menjadi tidak ada. Namun, pembangunan *jetty* bukanlah merupakan perkara yang mudah dan tentunya membutuhkan banyak biaya. Oleh karena itu, perlu dilakukan *feasibility study* lebih lanjut terhadap usulan pembangunan *jetty* ini. Waktu tunggu antrian sandar atau kongesti yang berkurang ini diharapkan mampu mempersingkat *leadtime* pengiriman dan mampu meningkatkan tingkat inventori di gudang tujuan baik Bengkulu maupun Palembang sehingga mampu meningkatkan *service level* perusahaan.

Berdasarkan hasil *running* yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa *service level* pengiriman untuk pembangunan *jetty* di Palembang adalah sebesar 0.898. Rata rata *leadtime* Bengkulu sebesar 29.77 hari dan *leadtime* Palembang

adalah sebesar 16,71 hari. Jumlah pupuk yang dihasilkan dari skenario ini sebesar 68166 ton. Rata-rata inventori di gudang Bengkulu sebesar 1691,50 ton sedangkan di gudang Palembang sebesar 2329,40 ton.. Total biaya pengiriman per ton untuk skenario ini adalah sebesar Rp 262.069. Gambar 6.9 berikut menunjukkan grafik stok hasil simulasi :



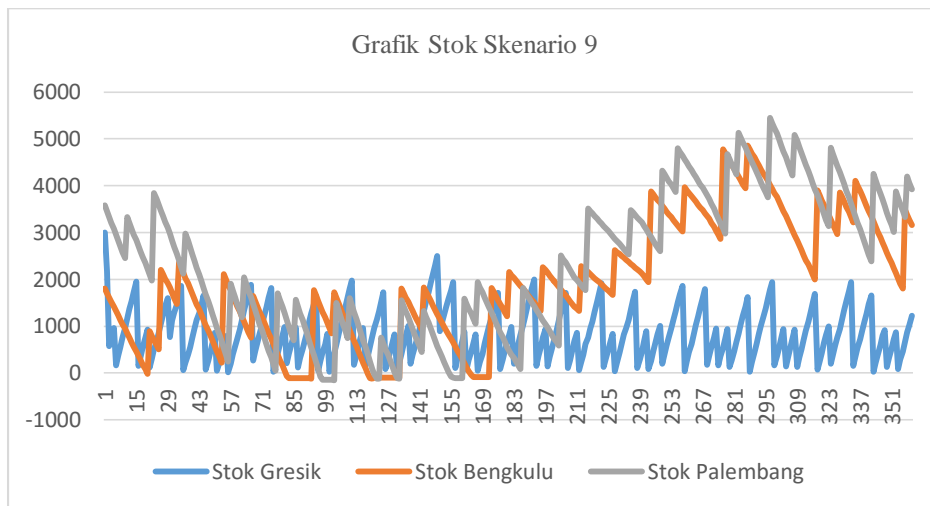
Gambar 6. 9 Grafik Stok Skenario Pembangunan *Jetty* Palembang

6.1.2.9 Skenario Pembangunan *Jetty* Palembang dan Penambahan Satu Kapal Kapasitas 2000 Ton.

Skenario pembangunan *jetty* khusus milik perusahaan akan membuat waktu untuk kongesti akan berkurang dan bahkan menjadi tidak ada. Waktu tunggu kongesti yang berkurang ini diharapkan mampu mempersingkat *leadtime* pengiriman dan mampu meningkatkan tingkat inventori di gudang tujuan sehingga mampu meningkatkan *service level* perusahaan. Sedangkan skenario penambahan jumlah kapal juga akan meningkatkan frekuensi pengiriman. Frekuensi pengiriman yang meningkat ini diharapkan mampu meningkatkan jumlah produk yang terkirim sehingga *service level* perusahaan juga meningkat. Namun, konsekuensi yang dapat muncul dari kedua kombinasi skenario ini adalah adanya biaya distribusi yang akan lebih meningkat.

Berdasarkan hasil *running* yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa nilai *service level* pengiriman untuk skenario ini adalah sebesar 0,919. Rata- rata

leadtime Bengkulu sebesar 30,37 hari dan *leadtime* Palembang adalah sebesar 20,50 hari. Jumlah pupuk yang dihasilkan dari skenario ini sebesar 68277 ton. Rata-rata inventori di gudang Bengkulu sebesar 1920 ton sedangkan di gudang Palembang sebesar 2345 ton. Total biaya pengiriman per ton untuk skenario ini adalah sebesar Rp 325.467. Gambar 6.10 berikut menunjukkan grafik stok gudang hasil simulasi :

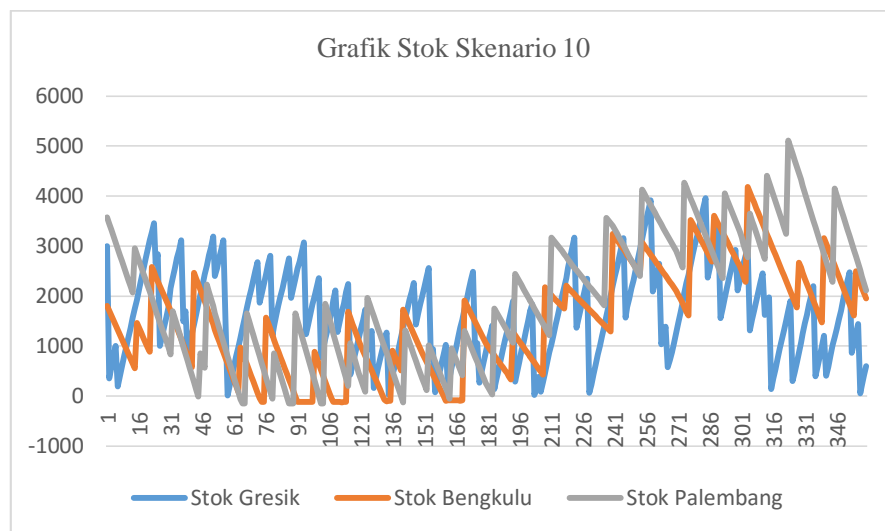


Gambar 6. 10 Grafik Stok Pembangunan *Jetty* Palembang dan Penambahan Satu Kapal

6.1.2.10 Skenario Pembangunan *Jetty* Palembang dan Pengiriman *Not Full Ship Load*

Skenario pembangunan *jetty* khusus milik perusahaan akan membuat waktu untuk kongesti akan berkurang dan bahkan menjadi tidak ada. Waktu tunggu kongesti yang berkurang ini diharapkan mampu mempersingkat *leadtime* pengiriman dan mampu meningkatkan tingkat inventori di gudang tujuan sehingga mampu meningkatkan *service level* perusahaan. Sedangkan skenario pengiriman *not full ship load* menjadikan kapal tidak harus menunggu hingga stok di gudang mencapai sama atau melebihi kapasitas kapal. Waktu tunggu yang berkurang ini diharapkan akan mampu mengurangi *leadtime* pengiriman baik ke Bengkulu maupun Palembang sehingga dapat mempengaruhi hasil jumlah pengiriman dan tingkat inventori di gudang tujuan.

Berdasarkan hasil *running* yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa nilai *service level* pengiriman untuk skenario ini adalah sebesar 0,895. Rata-rata *leadtime* Bengkulu sebesar 28,9 hari dan *leadtime* Palembang adalah sebesar 17,31 hari. Jumlah pupuk yang dihasilkan dari skenario ini sebesar 68350 ton. Rata-rata inventori di gudang Bengkulu sebesar 1546,8 ton sedangkan di gudang Palembang sebesar 1985,24 ton. Total biaya pengiriman per ton untuk skenario ini adalah sebesar Rp 258.225. Gambar 6.11 berikut menunjukkan grafik stok gudang hasil simulasi :



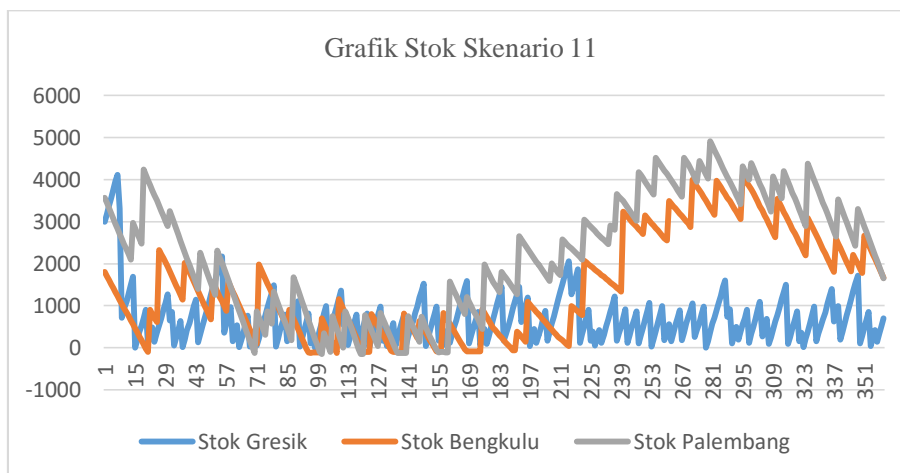
Gambar 6. 11 Grafik Stok Skenario Pembangunan *Jetty* dan Pengiriman *Not Full Ship Load*

6.1.2.11 Skenario Pembangunan *Jetty* Palembang dan Pengiriman *Not Full Ship Load* serta Penambahan Satu Kapal Kapasitas 1000 Ton

Skenario pembangunan *jetty* khusus milik perusahaan akan membuat waktu untuk kongesti akan berkurang dan bahkan menjadi tidak ada. Waktu tunggu kongesti yang berkurang ini diharapkan mampu mempersingkat *leadtime* pengiriman dan mampu meningkatkan tingkat inventori di gudang tujuan baik Bengkulu maupun Palembang sehingga mampu meningkatkan *service level* pengiriman perusahaan. Sedangkan skenario pengiriman *not full ship load* menjadikan waktu tunggu kapal saat menunggu stok gudang hingga penuh menjadi hilang. Artinya jika terjadi *supply disruption* dan terdapat kondisi jumlah stok

produk yang ada di gudang tidak memenuhi kapasitas kapal, maka kapal tidak harus menunggu hingga stok di gudang mencapai sama atau melebihi kapasitas kapal.. Adapun skenario penambahan jumlah kapal akan meningkatkan frekuensi pengiriman yang juga diharapkan dapat meningkatkan *service level* pengiriman perusahaan. Namun, konsekuensi yang dapat muncul dari ketiga kombinasi skenario ini adalah adanya biaya distribusi yang akan menjadi lebih meningkat baik untuk pengeluaran biaya investasi pembangunan *jetty*, biaya sewa kapal, tambahan biaya perjalanan kapal dengan *not full ship load*.

Berdasarkan hasil *running* yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa *service level* pengiriman untuk skenario ini adalah sebesar 0,908. Rata- rata *leadtime* Bengkulu sebesar 28,08 hari dan *leadtime* Palembang adalah sebesar 17,95 hari. Jumlah pupuk yang dihasilkan dari skenario ini sebesar 68277 ton. Rata-rata inventori di gudang Bengkulu sebesar 1477,5 ton sedangkan di gudang Palembang sebesar 2221,36 ton. Total biaya pengiriman per ton untuk skenario ini adalah sebesar Rp 331.205. Gambar 6.12 berikut menunjukkan grafik stok gudang hasil simulasi :



Gambar 6. 12 Grafik Stok Skenario Kombinasi Pembangunan *Jetty*, Penambahan Jumlah Kapal dan Pengiriman Tidak *Full Ship Load*

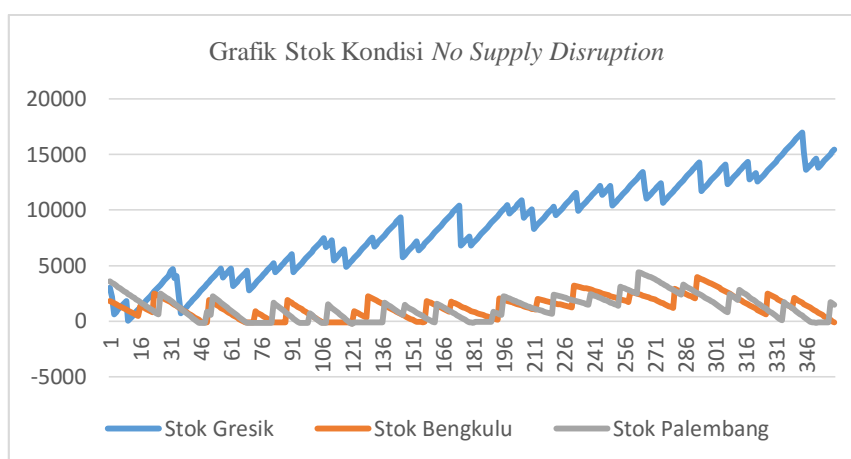
6.1.3 Kondisi *No Disruption*

Selain dilakukan eksperimen model dengan kondisi eksisting, juga akan dilakukan eksperimen model dengan kondisi *no disruption*. Pada eksperimen ini

akan dibagi menjadi tiga kondisi yaitu kondisi tanpa *disruption*, hanya memiliki *transportation disruption*, dan hanya memiliki *supply disruption* saja. Masing-masing model ini tetap dilakukan eksperimen dengan jumlah kapal eksisting yaitu sebanyak tiga buah kapal dan pengiriman tetap secara *full ship load*. Tidak dilakukan perubahan skenario skenario pada eksperimen model tanpa *disruption* ini. Berdasarkan hasil *running* terhadap kondisi *no disruption* didapatkan rekap hasil seperti Tabel 6.3 berikut ini :

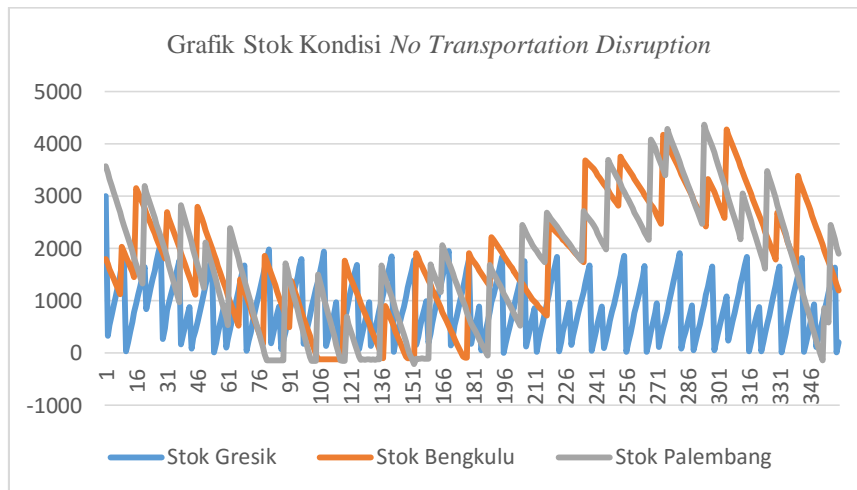
Tabel 6. 3 Hasil Simulasi Model Kondisi *No Disruption*

Kondisi	<i>Service Level</i> Pengiriman	<i>Service Level</i> Produksi	Rata Rata Leadtime Bengkulu	Rata Rata Leadtime Palembang
<i>No supply disruption</i>	0,746	1	29,43	27,84
<i>No transportation disruption</i>	0,907	0,92	25,8	19,95
<i>Normal condition</i> (<i>no disruption</i>)	0,98	1	21,47	17,3



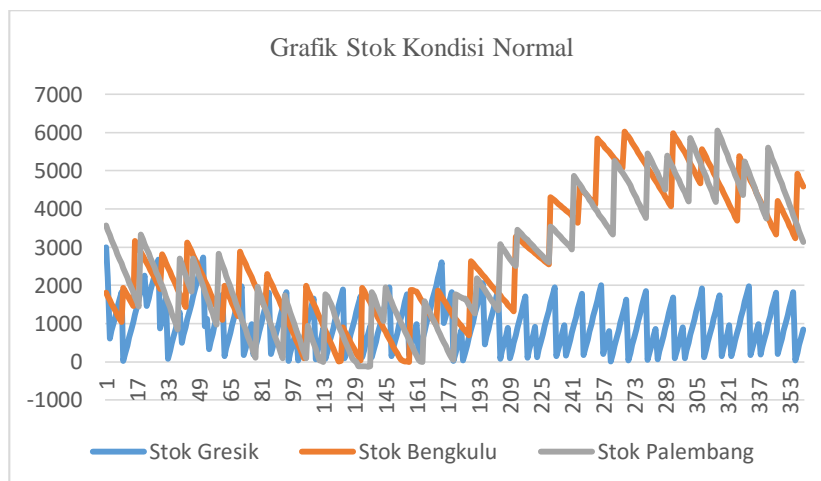
Gambar 6. 13 Grafik Stok Kondisi *No Supply Disruption*

Gambar 6.13 di atas menunjukkan grafik stok kondisi hanya terjadi *transportation disruption*. Berdasarkan hasil *running* yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa *service level* pengiriman untuk kondisi *no supply disruption* adalah sebesar 0,746 sedangkan *service level* produksi memiliki nilai 100%. Rata-rata *leadtime* Bengkulu sebesar 29,43 hari dan *leadtime* Palembang adalah sebesar 27,84 hari. Gambar 6.14 berikut menunjukkan grafik stok kondisi *no transportation disruption* dengan tetap ada *recovery* :



Gambar 6. 14 Grafik Stok Kondisi *No Transportation Disruption*

Berdasarkan hasil *running* yang telah dilakukan, *service level* pengiriman untuk kondisi hanya *supply disruption* adalah sebesar 0,915 sedangkan *service level* produksi memiliki nilai 0,923. Rata- rata *leadtime* Bengkulu sebesar 24,2 hari dan *leadtime* Palembang adalah sebesar 19,03 hari. Adapun jika dilakukan eksperimen kondisi *no transportation disruption* dengan tanpa adanya *recovery rate* produksi, nilai *service level* produksi berubah menjadi sekitar 0, 849 dengan *service level* pengiriman sebesar 0,845. Rata- rata *leadtime* Bengkulu sebesar 25,8 hari dan *leadtime* Palembang adalah sebesar 19,95 hari. Gambar 6.15 berikut menunjukkan grafik stok kondisi normal tanpa adanya *disruption*:



Gambar 6. 15 Grafik Stok Kondisi *No Disruption (Normal Condition)*

Berdasarkan hasil *running* yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa *service level* pengiriman untuk kondisi normal tanpa adanya *disruption* adalah sebesar 0,98 sedangkan *service level* produksi memiliki nilai 100%. Rata-rata *leadtime* Bengkulu sebesar 21,47 hari dan *leadtime* Palembang adalah sebesar 17,3 hari.

6.2 Analisis

Pada subbb ini akan dilakukan analisis model simulasi berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya. Analisis yang akan dilakukan meliputi analisis kondisi eksisting, analisis terjadinya *supply disruption*, analisis terjadinya *transportation disruption*, analisis kondisi normal dengan tidak adanya *disruption*, serta analisis skenario terpilih.

6.2.1 Analisis Kondisi Eksisting

Kondisi eksisting yang ada adalah adanya *disruption* berupa *supply disruption* dan *transportation disruption*. *Supply disruption* yang ada berupa adanya *downtime* pabrik, dimana frekuensi terjadinya *unscheduled downtime* ini tergolong sering dan melebihi batas target perusahaan. Adanya *supply disruption* ini dapat mengancam ketersediaan stok produk jadi di gudang Gresik. Sedangkan *transportation disruption* yang ada berupa adanya kongesti pelabuhan atau antrian masuk saat kapal akan bersandar di pelabuhan tujuan. Selama terjadinya kongesti kapal mengalami *delay* dan dalam kondisi yang *idle* sehingga mengurangi *non value added* perusahaan. Kongesti yang cukup tinggi terjadi di pelabuhan Palembang, dimana rata rata waktu kongestinya mencapai sepuluh hari sedangkan kongesti di Bengkulu rata rata mencapai tujuh hari. Lamanya waktu kongesti ini disebabkan karena pelabuhan tujuan yang dituju merupakan pelabuhan milik umum dan yang akan bersandar tidak hanya kapal milik petro melainkan kapal milik perusahaan perusahaan lainnya. *Transportation disruption* yg lain adalah adanya kondisi kapal yang tidak siap untuk melakukan pemuatan dikarenakan kondisi yang kurang baik atau harus melakukan perawatan kapal. Kondisi ini menyebabkan terjadinya *delay* dan harus menunggu selama kurang lebih enam hari untuk menunggu kapal pengganti dari pihak agen penyewa kapal.

Untuk mengatasi *disruption* yang terjadi, perusahaan sudah melakukan *recovery* pada kondisi eksisting yaitu adanya *recovery* berupa *increase rate* produksi sebesar maksimal 106% dari yang sebelumnya kondisi normal beroperasi dengan *rate* sekitar 95%. Hal tersebut dilakukan setelah terjadi *disruption*, dan dilakukan selama durasi tertentu bergantung pada durasi *downtime* yang datang. Adanya *recovery* ini membuat jumlah produk yang hilang selama terjadinya *downtime* dapat terpenuhi kembali. Sedangkan untuk *transportation disruption*, pada kondisi eksistingnya memang tidak dilakukan apa apa terkait *disruption* yang terjadi, dikarenakan kesulitan untuk mengontrol kongesti antrian sandar di pelabuhan tujuan. Selama ini pengiriman dilakukan sesuai dengan kapasitas kapal (*full ship load*). Artinya jika terjadi *supply disruption* dan terdapat kondisi jumlah produk jadi yang ada di gudang belum memenuhi kapasitas kapal, maka kapal harus menunggu hingga stok di gudang mencapai sama atau melebihi kapasitas kapal.

Berdasarkan hasil running didapatkan hasil bahwa jmlah pengiriman adalah sebesar 52.640 ton, dengan *service level* pengiriman sebesar 0.72, *service level* produksi sebesar 0,927. Rata rata *leadtime* Bengkulu 30,72 hari dan rata-rata *leadtime* Palembang sebesar 28 hari. Nilai *service level* pengiriman tersebut dipengaruhi oleh jumlah pengiriman yang kurang dari target, yang juga logis jika dilihat dari *leadtime* pengiriman yang hampir sebulan. Keberadaan *disruption* berupa *delay* kongesti dan *delay* menunggu kapal pengganti serta menunggu kapasitas penuh dapat menjadi salah satu faktor lamanya *leadtime* pengiriman tersebut. Selain itu, terdapat pengiriman yang kurang efisien dibandingkan dengan jumlah produksi yang ada. Berdasarkan nilai *service level* produksi yang mencapai 0,927 sedangkan *service level* pengirimannya sebesar 0,72. Hal tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat stok yang belum terkirim dan terkendala pada proses transportasi.

Nilai biaya pengiriman per ton yang dihasilkan dari simulasi didapatkan dari biaya sewa kapal ditambahkan dengan biaya perjalanan kapal. Biaya perjalanan kapal ini meliputi biaya *loading*, biaya *sailing*, biaya *unloading*, dan juga biaya kongesti yang muncul. Biaya biaya ini didapatkan dari biaya bahan bakar, dimana nilai yang dikeluarkan berasal dari harga bahan bakar dikalikan durasi proses dikalikan dengan konsumsi bahan bakar yang digunakan oleh mesin kapal. Untuk

proses *loading unloading* memerlukan 2 mesin bantu, untuk proses kongesti di pelabuhan memerlukan 1 mesin bantu. Sedangkan untuk proses berlayar memerlukan 1 mesin utama dan 1 mesin bantu. Pada kondisi eksisting total biaya distribusi yang dikeluarkan untuk satu periode adalah sebesar Rp 12.082.176.000.

6.2.1.1 Skenario Perubahan Jumlah dan Kapasitas Kapal

Skenario penambahan jumlah kapal dilakukan berdasarkan adanya perbedaan yang cukup signifikan antara *service level* pengiriman dengan *service level* produksi. Hipotesis yang muncul adalah terdapat masalah pada transportasi kapal. Dengan jumlah kapal yang bertambah maka frekuensi pengiriman diharapkan menjadi lebih sering. Frekuensi pengiriman yang meningkat ini mampu meningkatkan jumlah produk yang terkirim. Selain itu, kemungkinan terjadinya *stockout* gudang baik Bengkulu maupun Palembang juga akan semakin kecil dan tingkat inventori perusahaan menjadi lebih stabil sehingga *service level* perusahaan meningkat.

Hal tersebut dibuktikan dengan penambahan satu kapal berkapasitas 2000 ton menghasilkan nilai *service level* pengiriman sebesar 0.896, meningkat cukup jauh jika dibandingkan dengan kondisi eksisting. Penambahan dua kapal berkapasitas masing masing 1000 ton menghasilkan nilai *service level* pengiriman sebesar 0,902. Sedangkan untuk penambahan kapal berkapasitas 3000 ton menghasilkan nilai *service level* pengiriman sebesar 0,879. Jika dilihat, penambahan jumlah kapal atau kapasitas kapal tidak secara otomatis membuat *service level* pengiriman semakin meningkat karena keterbatasan pabrik dalam melakukan *supply* produk. Selain itu, kapal dengan kapasitas lebih besar cenderung memiliki *leadtime* lebih lama, karena serangkaian aktivitas proses yang dijalankan oleh kapal mulai dari proses menunggu kapasitas kapal penuh, proses *loading* muatan sampai tiba kembali menjadi lebih lama sehingga nilai *service level* juga tidak meningkat seiring bertambahnya kapasitas kapal.

Rata-rata inventori di gudang Bengkulu untuk skenario penambahan kapal kapasitas 2000 ton sebesar 2346,29 hari sedangkan rata-rata inventori di gudang Palembang sebesar 1903,83. Nilai ini meningkat dibandingkan kondisi eksisting yang sebelumnya. Hal ini disebabkan karena meningkatnya jumlah pengiriman

pupuk yang disebabkan karena meningkatnya frekuensi pengiriman kapal. Penambahan dua kapal dengan kapasitas 1000 ton juga menghasilkan nilai rata-rata inventori gudang yang lebih tinggi dibandingkan kondisi eksisting.

Dari segi biaya pengiriman per ton, penambahan kapal satu unit dengan kapasitas 2000 ton lebih murah jika dibandingkan dengan penambahan dua kapal masing masing berkapasitas 1000 ton. Hal tersebut dikarenakan adanya penambahan biaya sewa, dimana biaya sewa untuk satu kapal tidaklah murah. Kapal dengan kapasitas 2000 ton memiliki harga sewa yang lebih tinggi daripada harga sewa kapal dengan kapasitas 1000 ton. Satu kapal berkapasitas 2000 ton memiliki biaya sewa Rp 4.728.000.000 sedangkan satu kapal berkapasitas 1000 ton memiliki biaya sewa sebesar Rp 3.300.000.000.

Selain adanya skenario penambahan jumlah kapal, juga akan dianalisis skenario pengubahan kapasitas kapal. Perubahan kapasitas kapal yang dicoba adalah dengan merubah kapal Tradisi 7 yang semula berkapasitas 1000 ton menjadi 3000 ton. Hasil menunjukkan bahwa nilai *service level* pengiriman berubah menjadi 0.862, sedangkan *service level* produksi tidak jauh berubah, tetap pada angka 0,924. Nilai *service level* ini meningkat dari kondisi eksisting, yang dipengaruhi oleh semakin banyaknya jumlah pengiriman. Rata- rata inventori di gudang Bengkulu juga meningkat, dari 1155,6 ton pada kondisi eksisting menjadi 2351,4 ton dan pad gudang Palembang meningkat dari 962,68 ton menjadi 2035,5 ton. Kondisi lain yang menyebabkan peningkatan adalah kemampuan produksi juga mencukupi, terlihat dari nilai *service level* produksi yang cukup besar. *Leadtime* rata rata untuk Bengkulu dan Palembang meningkat, dimana *leadtime* untuk Bengkulu meningkat menjadi 35,51 hari. Hal tersebut dapat dikarenakan kapal menunggu lebih lama ketika menunggu stok gudang penuh, atau serangkaian proses *loading* dan *unloading* muatan yang menjadi lebih lama. Biaya distribusi untuk pengubahan kapal ini tidak terlalu berbeda signifikan dengan biaya eksisting, dengan selisihnya sekitar Rp 7000 setiap ton. Hal tersebut dikarenakan tidak ada tambahan biaya sewa kapal dan biaya perjalanan, hanya ada penambahan sedikit selisih biaya sewa antara kapal 1000 ton dengan kapal 3000 ton.

6.2.1.2 Skenario Pengiriman Tidak *Full Ship Load*

Skenario dasar yang diusulkan selanjutnya adalah adanya pengiriman kapal tidak sesuai kapasitas kapal (tidak *full ship load*). Skenario kombinasi penambahan kapal 2000 ton dan adanya pengiriman yang tidak *full ship load* menunjukkan hasil bahwa *service level* pengiriman mencapai 0,886 dengan *lead time* Bengkulu sebesar 22,48 dan *leadtime* Palembang sebesar 23,83. Nilai *service level* pengiriman ini menurun sedikit dibandingkan dengan penambahan kapal tanpa adanya pengiriman *not full ship load*. Rata-rata inventori di gudang Bengkulu juga menurun menjadi 2092,93 ton dan gudang Palembang menurun menjadi 1814,47 ton. Adapun untuk kombinasi skenario pengubahan kapasitas kapal dan pengiriman *not full ship load*, menghasilkan nilai *service level* pengiriman sebesar 0,855. Nilai ini juga tidak lebih baik dibandingkan dengan kondisi skenario tanpa adanya pengiriman *not full ship load*.

Hal ini dapat disebabkan karena frekuensi pengiriman kapal yang menjadi lebih sering sedangkan kenyataannya setiap pengiriman kapal mengalami *delay* pada antrian sandar pelabuhan tujuan. Jika dilihat dari *leadtime* pengiriman untuk Bengkulu dan Palembang, keduanya sama-sama menurun, yaitu *leadtime* Bengkulu menjadi 22,48 hari sedangkan Palembang menjadi 23,83 hari. Jika dibandingkan dengan kondisi *full ship load*, maka selisih *leadtime* ini tidak digunakan oleh kapal melainkan kapal akan berangkat sesuai jumlah stok yang ada. Kapal memang tidak harus menunggu stok di gudang penuh sesuai kapasitas kapal, namun aktivitas menunggu stok gudang penuh lebih dipilih karena ternyata waktu tunggu stok gudang tidak sebanding dengan waktu tunggu yang harus ditempuh kapal ketika tiba di pelabuhan tujuan untuk antri bersandar.

Biaya pengiriman per ton untuk skenario tidak *full ship load* lebih besar, yaitu Rp 268.269 selisih sedikit dibandingkan ketika *full ship load* yaitu sebesar Rp 266.404. Perbedaan ini dikarenakan meskipun biaya sewa kapal sama, biaya perjalanan kapal menjadi meningkat seiring dengan meningkatnya frekuensi pengiriman. Biaya perjalanan ini meliputi biaya berlayar, biaya bongkar muat dan juga biaya kongesti.

6.2.1.3 Skenario Pengadaan *Jetty*

Skenario dasar yang lain adalah pembangunan *jetty* perusahaan. Pembangunan *jetty* di pelabuhan tujuan ini bukanlah suatu hal yang mudah, melainkan memerlukan biaya yang besar. Selain itu, pembangunan *jetty* di pelabuhan umum harus memiliki izin dari pemilik terminal pelabuhan umum yaitu Pelindo. Berdasarkan hasil *interview*, pembangunan sebuah *jetty* untuk Pelabuhan di Pelindo III (Surabaya) diestimasikan memiliki nilai biaya investasi sebesar Rp 40.000.000.000. Mengacu pada Undang Undang Perpajakan, bahwa *jetty* merupakan sebuah bangunan yang dapat dianggap sebagai aktiva tetap golongan empat. Aktiva golongan empat ini memiliki nilai umur ekonomis selama 20 tahun. Sehingga, akan dihitung nilai penggunaan dari investasi pengadaan *jetty* ini menggunakan rumus *annual worth* dengan *present value* (PV) sebesar 40.000.000.000, suku bunga kredit bank untuk korporasi (i) sebesar 10,25% , dan nilai umur (n) sebesar 20 tahun dan didapatkan hasilnya adalah Rp 4.700.000.000 per tahun. Nilai inilah yang akan ditambahkan sebagai biaya *fix cost* pengadaan *jetty* baru dan ditambahkan dalam perhitungan biaya distribusi.

Skenario membangun *jetty* di Bengkulu menghasilkan nilai *service level* pengiriman sebesar 0.839 dengan rata rata *leadtime* Bengkulu sebesar 21,75 dan *leadtime* Palembang sebesar 29,98. Nilai *service level* yang meningkat dibanding kondisi eksistingnya ini disebabkan karena jumlah pengiriman yang meningkat. Jumlah pengiriman yang lebih meningkat ini dipengaruhi oleh menurunnya *leadtime* pengiriman di Bengkulu. Rata-rata inventori di gudang Bengkulu juga meningkat menjadi 2347,94 ton sedangkan gudang Palembang meningkat menjadi 1160 ton. Biaya distribusi per ton yang dihasilkan sebesar Rp 283.278. Untuk pembangunan *jetty* di Palembang, nilai *service level* meningkat menjadi 0,898 dengan rata rata *leadtime* Bengkulu sebesar 29,7 hari dan *leadtime* Palembang mencapai 16,71 hari. Rata-rata inventori di gudang Bengkulu juga meningkat menjadi 1691,5 ton sedangkan gudang Palembang meningkat cukup signifikan menjadi 2330 ton. Nilai *service level* yang tinggi ini tentu diinginkan, namun perlu dilakukan analisis *feasibility study* lebih lanjut terlebih dahulu sebelum melakukan hal tersebut. Nilai *service level* produksi untuk skenario ini hampir sama yaitu di kisaran 0,925.

Adapun skenario kombinasi antara penambahan jumlah kapal dengan pembangunan *jetty*, menunjukkan hasil *service level* pengiriman yang semakin meningkat pula yaitu sebesar 0,919. Rata-rata inventori di gudang Bengkulu maupun gudang Palembang juga meningkat cukup signifikan. Namun, biaya pengiriman per ton yang dihasilkan meningkat drastis menjadi Rp 325.467. Hal tersebut dikarenakan adanya tambahan biaya sewa dan juga biaya perjalanan kapal. Untuk kombinasi antara pengiriman tidak *full ship load*, pembangunan *jetty*, dan penambahan satu kapal menghasilkan nilai *service level* yang juga cukup baik dibandingkan eksisting, namun tidak lebih baik ketika pengiriman dilakukan secara *full ship load*. Biaya pengiriman per ton yang dihasilkan pun meningkat sangat drastis menjadi Rp 331.205 yang disebabkan karena meningkatnya frekuensi perjalanan kapal. *Leadtime* Bengkulu yang dihasilkan sebesar 28,08 hari dan *leadtime* Palembang menjadi 17,95 hari.

6.2.2 Analisis Supply Disruption

Pada kondisi *supply disruption*, terjadi *downtime* pabrik yang bisa menghambat proses produksi. Setelah *downtime* terjadi maka akan dilakukan *recovery rate* produksi. Pada kondisi ini tidak ada *disruption* untuk antrian sandar atau *transportation disruption* lainnya. Nilai *service level* pengiriman yang dihasilkan untuk kondisi ini adalah 0,915 dan *service level* produksi yang dihasilkan sebesar 0,923.

Hal tersebut menunjukkan bahwa terjadinya *supply disruption* memiliki dampak yang bisa menurunkan *service level* perusahaan dan bisa berdampak merugikan. Namun untuk kasus perusahaan ini, dampaknya dirasa tidak terlalu signifikan karena nilai *service level* masih di atas nilai 85% sehingga masih dapat dikategorikan baik. Hal ini menunjukkan bahwa perusahaan masih mampu memenuhi lebih dari 85% target pengiriman ketika terjadi *supply disruption*.

Kondisi tersebut dapat dipahami karena ternyata memang kemampuan kapasitas produksi perusahaan mampu memenuhi permintaan untuk ketiga kapal yang ada. Selain itu durasi *downtime* yang terjadi juga tidak dalam waktu yang lama, dengan rata rata yang sering terjadi adalah *downtime* selama 0.9 jam. Durasi *downtime* ini ternyata tidak berpengaruh secara signifikan karena kemampuan

produksi pada saat normal juga mampu memenuhi target produksi. Waktu antar kedatangan *downtime* bervariasi untuk setiap pabrik. Unit pabrik Phonska I sampai Phonska IV memiliki waktu antar kedatangan *downtime* yang cukup lama yaitu sekitar 37 sampai 51 jam sekali. Untuk pabrik NPK Granulasi memiliki waktu antar kedatangan *downtime* sekitar 10 jam sekali namun dengan durasi *downtime* yang hanya maksimal hanya 2,75 jam. *Downtime* pabrik di perusahaan ini dapat terjadi dikarenakan menurunnya keandalan mesin akibat usia mesin yang cukup lama. Selain itu juga dikarenakan adanya proses *cleaning* mesin yang membutuhkan waktu yang lumayan lama mengingat mesin mesin terutama reaktor merupakan tempat berlangsungnya reaksi berbagai zat zat kimia. Adanya pergantian komponen *sparepart* mesin dan terkadang adanya kondisi krisis bahan baku juga membuat *downtime* ini terjadi.

Strategi *recovery rate* yang digunakan perusahaan dinilai sudah benar mampu meningkatkan hasil produksi dan mampu mengembalikan jumlah produksi yang hilang saat *downtime* terjadi. Hal tersebut dapat dilihat pada nilai *service level* produksi ketika tidak dilakukan *recovery rate* dengan ketika melakukan *recovery rate*. *Service level* produksi ketika tidak dilakukan *recovery rate* memiliki nilai sebesar 0,849 sedangkan ketika ada *recovery rate* rata rata nilai *service level* produksinya menjadi 0,925. Rata rata *leadtime* Bengkulu meningkat menjadi 25,8 hari dan *leadtime* Palembang menjadi 19,95 hari.

Disruption berupa *downtime* pabrik merupakan hal yang alami untuk terjadi, tidak bisa diprediksi dan tidak diinginkan keberadaanya. Namun sebenarnya kejadian *downtime* ini dapat dicegah serta dihindari. Salah satu caranya adalah dengan meningkatkan keandalan mesin, melakukan pengecekan mesin secara berkala, memiliki penjadwalan pemeliharaan mesin yang baik. *Downtime* pabrik ini harus diminimalisir, mengingat efeknya yang dapat merugikan perusahaan. Jika *downtime* pabrik telah terjadi, salah satu cara untuk *merecovery* adalah dengan adanya peningkatan *rate* produksi. Namun demikian peningkatan *rate* produksi juga harus disesuaikan dengan kemampuan dan kapasitas mesin mesin produksi yang ada.

6.2.3 Analisis *Transportation Disruption*

Pada kondisi *transportation disruption*, terjadi kongesti berupa antrian sandar kapal di pelabuhan tujuan. *Disruption* yang lain yaitu adanya *delay* menunggu kapal pengganti ketika terdapat kapal dalam kondisi tidak baik. Pada kondisi ini tidak diperhitungkan *supply disruption*. Artinya pabrik dapat memproduksi secara normal tanpa gangguan *downtime*. Nilai *service level* yang dihasilkan adalah 0,746. Hal tersebut menunjukkan bahwa terjadinya *transportation disruption* memiliki dampak yang bisa menurunkan *service level* perusahaan dan merugikan. Dampaknya cukup signifikan, karena nilai *service level* menurun mendekati angka 70%. Dampak dari *transportation disruption* ini lebih besar dibandingkan *supply disruption* sebelumnya yang ada di perusahaan.

Transportation disruption, dalam hal ini menunggu *delay* antrian sandar pelabuhan merupakan suatu faktor eksternal yang sulit bisa dikontrol dan dicegah. Keadaan ini tidak bisa dikendalikan oleh perusahaan sendiri, sehingga pencegahannya juga sulit dilakukan. Namun, dapat dilakukan usaha *recovery* untuk mengurangi efek dari adanya *disruption* tersebut. Usaha *recovery* yang dilakukan misalnya dengan menambahkan jumlah kapal, mengubah kapasitas kapal, melakukan perubahan kecepatan kapal, atau dengan memiliki *jetty* khusus perusahaan di pelabuhan tujuan. *Jetty* di pelabuhan tujuan ini dapat bersifat kontrak ke pemilik pelabuhan. Adapun *delay* menunggu kapal pengganti ketika kapal dalam kondisi tidak baik salah satunya dapat dikurangi dengan melakukan kegiatan *maintenance* kapal yang baik dan tidak melanggar jadwal *maintenance* yang ada. Kegiatan *maintenance* kapal merupakan hal yang sangat penting untuk menjaga performansi kapal.

6.2.4 Analisis Kondisi Normal (*no disruption*)

Pada kondisi normal dengan tanpa *disruption*, tidak ada *downtime* yang diperhitungkan. Selain itu juga tidak ada *transportation disruption* berupa kongesti pelabuhan dan *delay* kapal pengganti. Kondisi ini merupakan kondisi ideal yang diinginkan perusahaan, dimana nantinya akan dibandingkan dengan kondisi model dengan *disruption*.

Berdasarkan hasil *running* didapatkan bahwa hasil *service level* pengiriman yang didapat sebesar 0.98, *service level* produksi sebesar 100%, rata rata *leadtime* Bengkulu sebesar 21,47 hari dan rata- rata *leadtime* Palembang sebesar 17.43 hari. Pada kondisi normal, *leadtime* Bengkulu memang lebih besar daripada Palembang, dikarenakan memang jarak antara Gresik- Bengkulu yang lebih jauh dibandingkan jarak Gresik- Palembang. Selain itu tidak adanya kongesti dan beberapa *delay* yang mempengaruhi *leadtime* pengiriman membuat aktivitas pelayaran tidak mengalami gangguan. Kondisi ideal ini memang tidak terjadi secara *riil* di perusahaan dan mungkin sulit untuk dapat terjadi. Namun, kondisi ideal ini dapat dijadikan target atau acuan untuk mengetahui seberapa besar efek terjadinya *disruption*.

6.2.5 Analisis Skenario Terpilih

Berdasarkan beberapa eksperimen yang dilakukan terhadap berbagai skenario, selanjutnya akan dipilih skenario yang terbaik berdasarkan *performance measurement* yang dihasilkan. Tabel 6.4 berikut merupakan rekap hasil *output* dari berbagai skenario pengiriman :

Tabel 6. 4 Rekap Hasil Eksperimen Skenario

Skenario	<i>Service Level</i> Produksi	<i>Service Level</i> Kirim	Biaya per Ton (Rp)	Rata Rata <i>Leadtime</i> Bengkulu (Hari)	Rata Rata <i>Leadtime</i> Palembang (Hari)
Skenario 1	0,924	0,896	266.404	31,14	31,9
Skenario 2	0,927	0,902	289.818	27,69	27,80
Skenario 3	0,929	0,879	281.383	34,68	33,49
Skenario 4	0,924	0,862	234.970	35,51	29,799
Skenario 5	0,928	0,886	268.269	22,48	23,829
Skenario 6	0,926	0,855	238.275	30,35	22,53
Skenario 7	0,926	0,839	283.278	21,75	29,98
Skenario 8	0,925	0,898	262.069	29,77	16,71
Skenario 9	0,927	0,919	325.467	30,37	20,50
Skenario 10	0,928	0,895	258.225	28,99	17,31
Skenario 11	0,927	0,908	331.205	28,08	17,95

Berdasarkan Tabel 6.4 di atas, dapat dilihat bahwa skenario dengan *service level* pengiriman tertinggi adalah skenario ke-sembilan, yaitu skenario pembangunan *jetty* di Palembang dan penambahan satu unit kapal berkapasitas 2000 ton. Skenario ini memiliki nilai *service level* pengiriman sebesar 0,919. Namun, biaya pengiriman yang dikeluarkan oleh perusahaan juga cukup besar, yaitu sebesar Rp 325.467 per ton. Biaya ini merupakan biaya yang tertinggi kedua diantara semua skenario. Biaya pengiriman terendah terdapat pada skenario pengubahan kapasitas kapal dengan biaya sebesar Rp 234.970 per ton.

Perusahaan tentu menginginkan nilai *service level* yang tinggi dan namun dengan biaya pengiriman yang terendah. Nilai *service level* dan biaya pengiriman merupakan hal yang bersifat *trade off* dalam banyak hal. Oleh karena itu, akan dilakukan perhitungan untuk memilih skenario terbaik berdasarkan nilai *service level* pengiriman dan perhitungan biaya per ton. Untuk memilih alternatif skenario terbaik, *performance measurement* yang digunakan adalah nilai *service level* dan biaya pengiriman. Pemilihan alternatif skenario dilakukan dengan mencari perbandingan biaya pengeluaran yang harus dikeluarkan oleh perusahaan dengan biaya *lost opportunity* yang tidak didapatkan perusahaan karena tidak memenuhi target *service level*.

Skenario dengan biaya pengiriman paling rendah adalah skenario ke tiga yaitu pengubahan kapasitas kapal dengan biaya pengiriman sebesar Rp 234.970, skenario pengubahan kapasitas kapal dan tidak *full ship load* dengan biaya pengiriman sebesar Rp 238.275, dan skenario pengadaan *jetty* Palembang dengan pengiriman tidak *full ship load* dengan biaya pengiriman sebesar Rp 258.225. Sedangkan skenario dengan nilai *service level* tertinggi adalah skenario pembangunan *jetty* di Palembang dan penambahan satu kapal) dengan nilai 0,919, skenario pembangunan *jetty* dan penambahan kapal tidak *full ship load* dengan nilai 0,908, serta skenario penambahan dua kapal masing masing berkapasitas 1000 ton dengan nilai 0,906

Selanjutnya akan dicari perbandingan antara total biaya pengiriman yang dikeluarkan oleh perusahaan dengan total nilai *opportunity lost* yang tidak didapatkan perusahaan. Perhitungan dilakukan untuk setiap dua alternatif skenario. Jika selisih nilai *opportunity lost* lebih besar daripada selisih total biaya pengiriman,

maka skenario tersebut layak dipilih. Sebagai contoh perhitungan akan dilakukan untuk skenario dengan *service level* tertinggi yaitu skenario ke-sembilan (pembangunan *jetty* di Palembang dan penambahan satu kapal) dan skenario dengan biaya terendah yaitu skenario ke-empat (pengubahan kapasitas kapal):

Perhitungan *opportunity lost* :

- *Service level* skenario ke-sembilan = 0,919
- *Service level* skenario ke-empat = 0,862
- Selisih *service level* = $0,919 - 0,862 = 0,057$
- *Opportunity lost* = $0,057 \times 73.600 \text{ ton} = 4195,2 \text{ ton}$
- Biaya *opportunity lost* perusahaan = $4195,2 \times \text{profit per ton} = 4195,2 \times \text{Rp } 860.000 = \text{Rp } 3.607.872.000$

Perhitungan selisih biaya pengeluaran:

- Biaya skenario ke-sembilan = Rp 325.467 per ton
- Biaya skenario ke-empat = RP 234.970 per ton
- Selisih biaya = $\text{Rp } 90.498 \text{ per ton} = 90.498 \times 4195,2 = \text{RP } 379.655.164,4$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, nilai biaya *opportunity lost* perusahaan jauh lebih besar dibandingkan dengan selisih biaya pengeluaran perusahaan. Artinya, meskipun nilai pengeluaran distribusi untuk skenario ke-sembilan lebih meningkat, namun hal tersebut akan tertutupi dengan nilai biaya *opportunity lost* yang akan didapatkan perusahaan jika menggunakan skenario ke-sembilan. Oleh karena itu, skenario ke-sembilan lebih dipilih menjadi skenario terbaik dibandingkan skenario ke-empat. Selanjutnya perhitungan akan dilakukan untuk membandingkan skenario ke-sembilan sebagai skenario yang menghasilkan *service level* pengiriman tertinggi dengan semua skenario lainnya. Tabel 6.5 berikut merupakan rekap perhitungan *opportunity lost* dan selisih biaya untuk skenario ke-sembilan dengan skenario lainnya:

Tabel 6. 5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Perbedaan Biaya

	Skenario 9			
	Selisih <i>Service level</i>	Selisih Biaya Per Ton	Selisih Biaya <i>Opportunity lost (Rp)</i>	Selisih Biaya Pengeluaran Total (Rp)
Skenario 1	0,023	59.063	1.455.808.000	99.981.902
Skenario 2	0,017	35.650	1.076.032.000	44.605.111
Skenario 3	0,04	44.085	2.531.840.000	129.785.620
Skenario 4	0,057	90.498	3.607.872.000	379.655.164
Skenario 5	0,033	57.199	2.088.768.000	138.924.814
Skenario 6	0,064	87.193	4.050.944.000	410.712.785
Skenario 7	0,08	42.189	5.063.680.000	248.409.957
Skenario 8	0,021	63.398	1.329.216.000	97.988.671
Skenario 10	0,024	-67.243	1.519.104.000	118.777.937
Skenario 11	0,011	5.738	696.256.000	4.645.414

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 6.5 di atas, nilai biaya *opportunity lost* perusahaan selalu jauh lebih besar dibandingkan dengan selisih biaya pengeluaran perusahaan. Oleh karena itu, skenario dengan *service level* yang tinggi (skenario sembilan) ini akan lebih diutamakan. Selain itu, nilai *service level* ini juga dapat menjadi acuan dalam pertimbangan pembagian alokasi *demand* pupuk subsidi di tahun kedepannya, sedangkan biaya pengiriman dikeluarkan perusahaan hanya sekali. Jika target alokasi *demand* tahun selanjutnya berkurang, maka hal tersebut berpeluang untuk meningkatkan *opportunity lost* perusahaan di tahun selanjutnya.

Skenario terpilih berdasarkan hasil eksperimen adalah skenario pembangunan *jetty* di Palembang dan penambahan satu unit kapal berkapasitas 2000 ton. Namun, nilai biaya distribusi yang dihasilkan merupakan *output* dari nilai investasi pengadaan *jetty* Palembang sebesar Rp 40.000.000.000. Selanjutnya akan dilakukan analisis sensitivitas jika nilai investasi pengadaan *jetty* berubah menjadi Rp 50.000.000.000, Rp 60.000.000.000, dan berubah menjadi Rp 70.000.000.000 apakah mempengaruhi hasil pemilihan alternatif keputusan. Hal tersebut dilakukan mengingat referensi yang didapat yaitu nilai investasi sebesar Rp 40.000.000.000 merupakan nilai investasi pengadaan *jetty* untuk Pelindo Jawa Timur, bukan di daerah Sumatra. Tabel 6.6 berikut merupakan rekap hasil perhitungan perbedaan biaya untuk biaya pengadaan *jetty* sebesar Rp 50.000.000.000 :

Tabel 6. 6 Perhitungan Perbedaan Biaya untuk Investasi *Jetty* Rp 50.000.000.000

Skenario 9				
	Selisih <i>Service Level</i>	Selisih Biaya Per Ton	Selisih Biaya <i>Opportunity Lost (Rp)</i>	Selisih Biaya Pengeluaran Total (Rp)
Skenario 1	0,02	76444,68982	1.455.808.000	129.405.571
Skenario 2	0,02	53031,52206	1.076.032.000	66.353.040
Skenario 3	0,04	61466,44633	2.531.840.000	180.957.218
Skenario 4	0,06	107879,1691	3.607.872.000	452.574.690
Skenario 5	0,03	74580,60863	2.088.768.000	181.141.382
Skenario 6	0,06	104574,4186	4.050.944.000	492.587.341
Skenario 7	0,08	40333,78171	5.063.680.000	237.485.307
Skenario 8	0,02	62987,87681	1.329.216.000	97.354.062
Skenario 10	0,00	-66.793	1.519.104.000	840.276
Skenario 11	0,01	5.955	696.256.000	632.960.000

Nilai biaya distribusi untuk skenario ke-sembilan berubah menjadi Rp 342.849 jika nilai investasi pengadaan *jetty* dinaikkan menjadi Rp 50.000.000.000. Berdasarkan Tabel 6.6, diketahui bahwa nilai biaya *opportunity lost* perusahaan selalu jauh lebih besar dibandingkan dengan selisih biaya pengeluaran perusahaan. Sedangkan rekap hasil perbedaan biaya untuk biaya pengadaan *jetty* sebesar Rp 60.000.000.000 ditunjukkan dalam Tabel 6.7 berikut :

Tabel 6. 7 Perhitungan Perbedaan Biaya untuk Investasi *Jetty* Rp 60.000.000.000

Skenario 9				
	Selisih <i>Service Level</i>	Selisih Biaya Per Ton	Selisih Biaya <i>Opportunity Lost (Rp)</i>	Selisih Biaya Pengeluaran Total (Rp)
Skenario 1	0,023	93826,34663	1.455.808.000	158.829.240
Skenario 2	0,017	70413,17887	1.076.032.000	88.100.969
Skenario 3	0,04	78848,10314	2.531.840.000	232.128.816
Skenario 4	0,057	125260,8259	3.607.872.000	525.494.217
Skenario 5	0,033	91962,26544	2.088.768.000	223.357.950
Skenario 6	0,064	121956,0754	4.050.944.000	574.461.897
Skenario 7	0,08	38478,37237	5.063.680.000	226.560.657
Skenario 8	0,021	62577,28649	1.329.216.000	96.719.454
Skenario 10	0,024	-66344,0022	1.519.104.000	117.190.045
Skenario 11	0,011	6171,099928	696.256.000	4.996.123

Nilai biaya distribusi untuk skenario ke-sembilan berubah menjadi Rp 360.231 jika nilai investasi pengadaan *jetty* dinaikkan menjadi Rp 60.000.000.000. Berdasarkan Tabel 6.7, diketahui bahwa nilai biaya *opportunity lost* perusahaan selalu jauh lebih besar dibandingkan dengan selisih biaya pengeluaran perusahaan. Tabel 6.8 berikut menunjukkan rekap hasil perhitungan perbedaan biaya untuk biaya pengadaan *jetty* sebesar Rp 70.000.000.000 :

Tabel 6. 8 Perhitungan Perbedaan Biaya untuk Investasi *Jetty* Rp 70.000.000.000

Skenario 9				
	Selisih <i>Service Level</i>	Selisih Biaya Per Ton	Selisih Biaya <i>Opportunity Lost</i> (Rp)	Selisih Biaya Pengeluaran Total (Rp)
Skenario 1	0,023	111.208	1.455.808.000	188.252.908
Skenario 2	0,017	87.795	1.076.032.000	109.848.898
Skenario 3	0,04	96.230	2.531.840.000	283.300.413
Skenario 4	0,057	142.642	3.607.872.000	598.413.744
Skenario 5	0,033	109.344	2.088.768.000	265.574.518
Skenario 6	0,064	139.338	4.050.944.000	656.336.454
Skenario 7	0,08	36.623	5.063.680.000	215.636.006
Skenario 8	0,021	62.167	1.329.216.000	96.084.846
Skenario 10	0,024	- 65.895	1.519.104.000	116.396.100
Skenario 11	0,011	6.388	696.256.000	5.171.477

Nilai biaya distribusi untuk skenario ke-sembilan berubah menjadi Rp 377.612 jika nilai investasi pengadaan *jetty* dinaikkan menjadi Rp 70.000.000.000. Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 6.6, Tabel 6.7 dan Tabel 6.8, semua nilai biaya *opportunity lost* perusahaan selalu jauh lebih besar dibandingkan dengan selisih biaya pengeluaran perusahaan. Oleh karena itu, skenario yang terpilih adalah tetap skenario ke-sembilan, yaitu skenario pembangunan *jetty* di Palembang dan penambahan satu unit kapal berkapasitas 2000 ton. Nilai *service level* pengiriman yang dihasilkan adalah 0,92 dengan rata-rata *leadtime* Bengkulu sebesar 30,27 hari dan *leadtime* Palembang sebesar 20,5 hari. Berdasarkan skenario ini selanjutnya akan dilakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui faktor apa yang bisa mempengaruhi hasil *output*.

6.3 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas akan dilakukan untuk tiga kondisi yaitu adanya perubahan durasi *downtime*, perubahan durasi kongesti pelabuhan, dan perubahan *delay* menunggu kapal pengganti.

6.3.1 Analisis Sensitivitas Durasi *Downtime*

Pada analisis durasi *downtime*, dilakukan *running* simulasi perubahan durasi *downtime* terhadap nilai *service level* pengiriman dan *service level* produksi. Adapun perubahan durasi *downtime* dilakukan dari yang awalnya antara 0,043 jam sampai 12,70 jam dinaikkan durasinya menjadi maksimal 24 jam, dan diturunkan durasinya menjadi maksimal 4 jam. *Running* dilakukan pada skenario terpilih yaitu skenario sembilan. Tabel 6.9 berikut menunjukkan rekap tabel hasil *running* :

Tabel 6. 9 Hasil *Running* Perubahan Durasi *Downtime*

Durasi <i>Downtime</i>	<i>Service Level</i> Produksi	<i>Service Level</i> Pengiriman
0.043 jam – 4 jam	0, 983	0, 958
0.043 jam – 24 jam	0, 862	0, 857
0.043 jam – 18 jam	0, 893	0, 885

Pada skenario terpilih, jika durasi *downtime* dinaikkan menjadi maksimal 24 jam, nilai *service level* pengiriman berubah menjadi 0,857 dan nilai *service level* produksi sebesar 0,862. Jika durasi *downtime* diturunkan menjadi maksimal 4 jam, nilai *service level* pengiriman berubah meningkat menjadi 0,958 dan nilai *service level* produksi meningkat drastis menjadi 0,983. Adapun jika durasi *downtime* dinaikkan sedikit menjadi maksimal 18 jam, nilai *service level* pengiriman berubah meningkat menjadi 0,885 dengan nilai *service level* produksi sebesar 0,893.

Berdasarkan Tabel 6.9 di atas dapat diketahui bahwa semakin singkat durasi *downtime* maka nilai *service level* produksi semakin meningkat. Hal yang sama juga berlaku pada nilai *service level* pengiriman. Rendahnya durasi *downtime* akan membuat produk yang hilang selama *downtime* menjadi berkurang. Pengubahan sedikit durasi *downtime* dapat mempengaruhi hasil nilai *service level*, oleh karena itu dapat dikatakan bahwa nilai *service level* sensitif terhadap durasi *downtime* pabrik.

6.3.2 Analisis Sensitivitas Durasi Kongesti Pelabuhan Bengkulu

Pada analisis durasi kongesti pelabuhan, dilakukan *running* simulasi perubahan durasi kongesti pelabuhan Bengkulu terhadap nilai *service level* pengiriman. Adapun perubahan durasi kongesti Bengkulu dilakukan dari yang awalnya antara sekitar 60 jam – 312,45 jam diturunkan menjadi maksimal 24 jam dan 72 jam, serta dinaikkan sampai maksimal 400 jam. *Running* dilakukan pada skenario terpilih yaitu skenario ke tujuh. Tabel 6.10 berikut menunjukkan rekap tabel hasil *running* :

Tabel 6. 10 Hasil *Running* Perubahan Durasi Kongesti Bengkulu

Durasi Kongesti Bengkulu	<i>Service level</i> Produksi	<i>Service Level</i> Pengiriman
2 jam – 24 jam	0,925	0,928
24 jam -72 jam	0,925	0,927
312,45 jam – 400 jam	0,926	0,893

Pada skenario terpilih, jika durasi kongesti Bengkulu diturunkan menjadi maksimal 24 jam, nilai *service level* pengiriman berubah meningkat menjadi 0,928 dan *service level* produksi tetap 0,925. Jika durasi kongesti Bengkulu diturunkan menjadi maksimal 72 jam, nilai *service level* pengiriman berubah meningkat menjadi 0,927. Adapun jika durasi kongesti Bengkulu dinaikkan sedikit menjadi maksimal 400 jam, nilai *service level* pengiriman menurun menjadi 0,893 dengan nilai *service level* produksi tetap berkisar 0,926.

Berdasarkan Tabel 6.10 di atas dapat diketahui bahwa semakin singkat durasi kongesti Bengkulu maka nilai *service level* pengiriman semakin meningkat. Hal tersebut disebabkan karena rendahnya waktu antri di pelabuhan yang membuat kapal menjadi *idle*. Pengubahan sedikit durasi kongesti antrian Bengkulu dinilai kurang mempengaruhi hasil nilai *service level*, oleh karena itu dapat dikatakan bahwa nilai *service level* kurang sensitif terhadap durasi kongesti pelabuhan Bengkulu. Hal tersebut dapat disebabkan karena frekuensi pengiriman ke Bengkulu yang dinilai kurang sering jika dibandingkan dengan pengiriman ke Palembang, mengingat *demand* daerah Bengkulu lebih rendah daripada *demand* di daerah Palembang.

6.3.3 Analisis Sensitivitas Durasi *Delay* Menunggu Kapal Pengganti

Pada analisis durasi *delay* menunggu kapal pengganti, dilakukan *running* simulasi perubahan durasi *delay* terhadap nilai *service level* pengiriman. Adapun perubahan durasi *delay* dilakukan dari yang awalnya antara 6 hari diturunkan menjadi 1 hari dan 3 hari, serta dinaikkan sampai maksimal 8 hari. *Running* dilakukan pada skenario terpilih yaitu skenario tujuh. Tabel 6.11 berikut menunjukkan rekap tabel hasil *running* :

Tabel 6. 11 Hasil *Running* Perubahan *Delay* Kapal Pengganti

Durasi <i>Delay</i> Kapal Pengganti	<i>Service Level</i> Produksi	<i>Service Level</i> Pengiriman
3 hari	0,927	0,919
8 hari	0,927	0,916
10 hari	0,926	0,915

Pada skenario terpilih, jika durasi *delay* kapal pengganti diturunkan menjadi maksimal 3 hari, nilai *service level* pengiriman tidak berubah yaitu sebesar 0,919 dengan nilai *service level* produksi sebesar 0,927. Jika durasi *delay* dinaikkan sedikit menjadi maksimal 8 hari, nilai *service level* pengiriman berubah menjadi 0,916 dengan nilai *service level* produksi sebesar 0,927. Adapun jika durasi *delay* kapal dinaikkan menjadi maksimal 10 hari, nilai *service level* pengiriman menurun menjadi 0,915 dengan nilai *service level* produksi sebesar 0,926.

Berdasarkan Tabel 6.11 di atas dapat diketahui semakin lama durasi *delay* kapal pengganti maka nilai *service level* pengiriman semakin menurun. Hal tersebut disebabkan karena waktu *delay* ini kapal menjadi *idle*. Pengubahan sedikit durasi *delay* kapal pengganti dinilai kurang mempengaruhi hasil nilai *service level*, oleh karena itu dapat dikatakan bahwa nilai *service level* kurang sensitif terhadap durasi *delay* kapal pengganti. Hal tersebut dapat dikarenakan frekuensi kapal yang *delay* menunggu kapal pengganti memang jarang terjadi sehingga tidak terlihat perbedaan yang terlalu signifikan.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. *Disruption* yang terjadi pada kondisi eksisting di PT Petrokimia berupa *supply disruption* dengan adanya *downtime* pabrik, *transportation disruption* berupa adanya kongesti antrian sandar pelabuhan, dan juga adanya *delay* menunggu kapal yang dalam kondisi tidak siap sehingga dibutuhkan kapal pengganti. Skenario *recovery* yang sudah dilakukan oleh perusahaan adalah dengan adanya peningkatan *rate* produksi. Hal ini dinilai sudah sesuai karena berdasarkan hasil simulasi, *service level* produksi untuk kondisi eksisting adalah sebesar 92,7% sedangkan jika tidak dilakukan *recovery* maka *service level* produksi menurun menjadi 84,9%.
2. Adanya *disruption* turut berperan dalam *service level* produksi dan *service level* pengiriman perusahaan. *Service level* pengiriman menurun menjadi 72% jika dibandingkan dengan kondisi normal yang memiliki nilai *service level* pengiriman sebesar 98%. Sehingga dibutuhkan strategi *recovery* untuk tetap dapat mempertahankan *service level* pada kondisi dengan terjadinya *disruption*.
3. Skenario *recovery* yang diusulkan adalah pada adanya penambahan jumlah kapal dan pengubahan kapasitas kapal, skenario pengiriman secara tidak *full ship load*, dan skenario membangun *jetty* di pelabuhan tujuan. Berdasarkan alternatif skenario skenario tersebut skenario terpilih yang menghasilkan *service level* pengiriman tertinggi adalah skenario ke sembilan, yaitu penambahan satu kapal kapasitas 2000 ton dan pembangunan *jetty* khusus perusahaan di Palembang.

4. Berdasarkan hasil analisis sensitivitas, nilai *service level* pengiriman dinilai sensitif terhadap durasi *downtime* pabrik, namun kurang sensitif terhadap durasi kongesti pelabuhan Bengkulu dan durasi *delay* kapal pengganti.

7.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian kedepannya adalah sebagai berikut :

1. Diperlukan analisis kelayakan (*feasibility studies*) lebih lanjut untuk skenario pembangunan *jetty* Palembang.
2. Lebih mempertimbangkan pengiriman yang lebih luas cakupan wilayahnya sehingga efek *disruption* dapat diketahui dampaknya terhadap keseluruhan perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia, 2016. *Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia*. [Online]
Available at: www.appi.or.id [Diakses 21 Maret 2017].
- Brouer, B., Pisinger, D. & Plum, C., 2012. The Vessel Schedule Recovery Problem - A MIP model for handling disruptions in liner shipping. *European Journal of Operations Research*, Volume 224, pp. 362-374.
- Chopra, S. & Meindl, P., 2007. *Supply Chain Management : Strategy, Planning and Operation*. 3rd penyunt. New Jersey: Prentice Hall.
- Christiansen , M., Fagerholt, K., Nygreen , B. & Ronen , D., 2007. Maritime Transportation. *Handbook in Operation Research*.
- Christiansen, M., Agra, A., Delgado, A. & Hvattum, L. M., 2015. A Maritime Inventory Routing Problem with Stochastic Sailing and Port Times. *Computers and Operations Research*, Issue 61, pp. 18-20.
- Cooke, J. & Young, T., 2014. *Voyage Charters*. 4th penyunt. New York: Informa Law from Routledge.
- Daellenbach , H. G. & McNickle, D. C., 2005. *Management Science : Decision Making Through System Thinking*. New York : Palgrave Macmillan.
- Elisabeth, 2017. *Evaluasi Jumlah dan Kapasitas Kapal untuk Mendistribusikan Semen Curah dengan Mempertimbangkan Kegiatan Peawatan Kapal*, Surabaya: s.n.
- Ghiani , G., Laporte, G. & Musmanno , R., 2004. *Introduction to Logistic System Planning and Control*. California : John Wiley & Sons.
- Gurning, S. & Cahoon, S., 2015. Analysis of Random Disruptive Events in Shipping and Port Operations. *International Forum on Shipping, Ports, and Airports (IFSPA)*, Hongkong, 24-27 Mei.
- Hatmojo, S. T., 2016. *Pengembangan Model Simulasi Diskrit Penentuan Jumlah dan Kapasitas Kapal Pada Kasus Muli Depot Multi Tujuan* , Surabaya: s.n.
- Hishamuddin , Sarker & Essam , D., 2013. A Recovery Model for A Two Echelon Serial Supply Chain with Consideration of Transportation Disruption. *Computers and Industrial Engineering*, pp. 552 - 561.
- Hishamuddin , Sarker & Essam, D., 2012. A Disruption Recovery Model for a Single Stage Production Inventory System. *European Journal of Operational Research*, pp. 464-473.

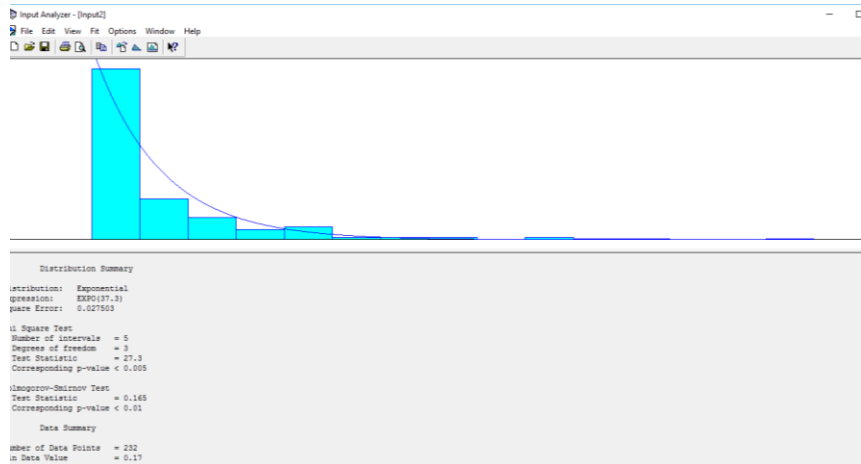
- Hwang , S. J. & Al Khayyal , F., 2007. Inventory Constrained Maritime Routing and Scheduling for Multi Commodity Liquid Bulk. *European Journal of Operational Research*, pp. 106-130.
- Hwang, S.-J., 2005. *Inventory Constrained Maritime Routing and Scheduling for Multi Commodity Liquid Bulk*, s.l.: Georgia Institute of Technology.
- Kelton , D., Sadowski , D. & Sadowski , R., 2000. *Simulation With Arena*. 2nd penyunt. s.l.:McGrawHill .
- Kementrian Pertanian, 2014. *Statistik Makro Sektor Pertanian*, s.l.: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Kementrian Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2009 . *Kementrian Sekretariat Negara Republik Indonesia*. [Online] Available at: http://www.setneg.go.id/index.php?option=com_content&task=view&i=3369 [Diakses 20 Maret 2017].
- Paul , S. K., Sarker, R. & Essam , D., 2016. A Reactive Mitigation for Managing Supply Disruption in a Three Tier Supply Chain. *Journal of Intelligent Manufacturing*.
- PT Petrokimia Gresik, 2015. *Transparansi Menuju Perusahaan Global* , Gresik: s.n.
- Pujawan, N. & Mahendrawati, 2010. *Supply Chain Management*. Surabaya: Guna Widya.
- Qi, L., Max Shen , Z. J. & Snyder, L., 2009. *The Effect of Supply Disruption on Suppl Chain Design Decision*, s.l.: s.n.
- Rifky, R., 2015. *Determination of Ship Optimal Number for Subsidized Fertilizer to Sumatra in PT Petrokimia*, Surabaya: s.n.
- Robinson , S., 2004. *Simulation : The Practice of Model Development and Use*. s.l.:s.n.
- Siswanto , N., Essam, D. & Sarker, R., 2011. Solving The Ship Inventory Routing and Scheduling Problem with Undedicated Compartments. *Computers and Industrial Engineering*.

LAMPIRAN

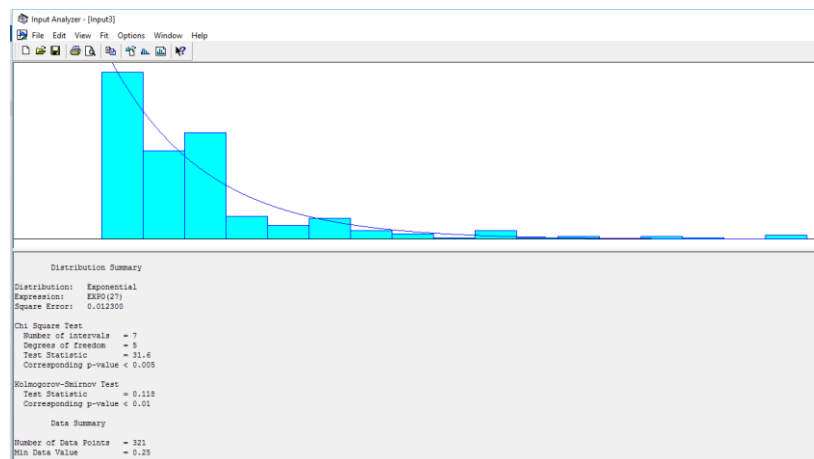
LAMPIRAN 1

HASIL *FITTING DISTRIBUTION*

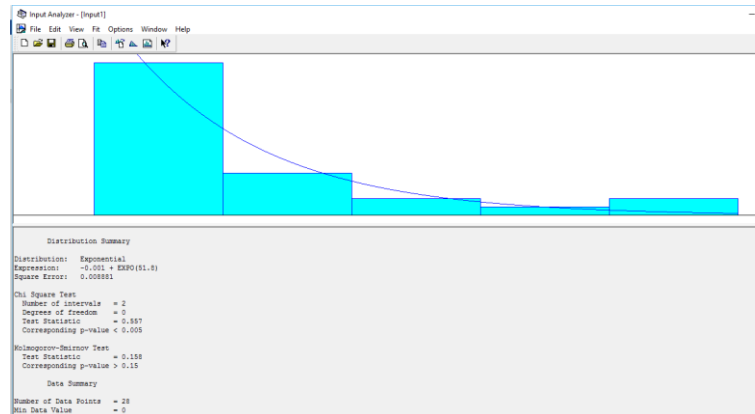
Fitting distribution Antar Kedatangan Downtime Phonska 2 :



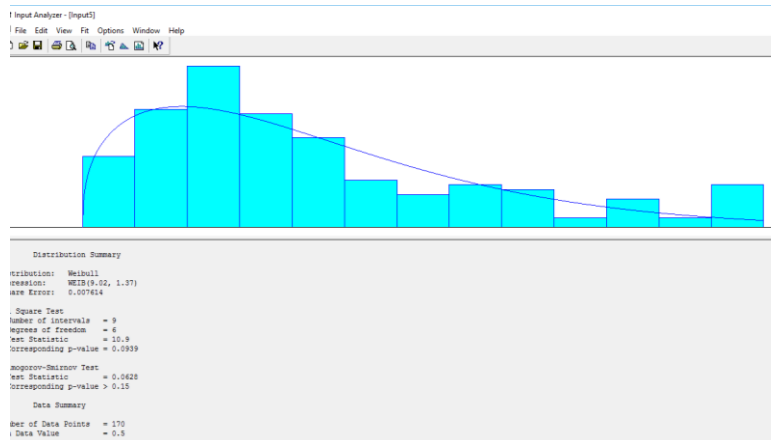
Fitting distribution Antar Kedatangan Downtime Phonska 3 :



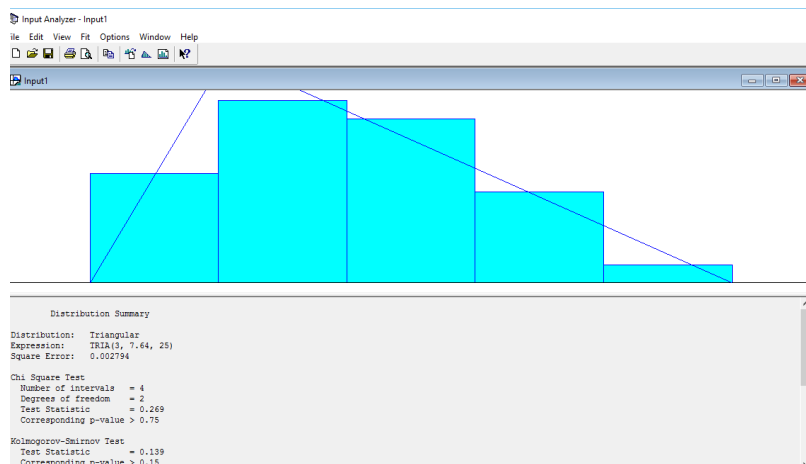
Fitting distribution Antar Kedatangan Downtime Phonska 4 :



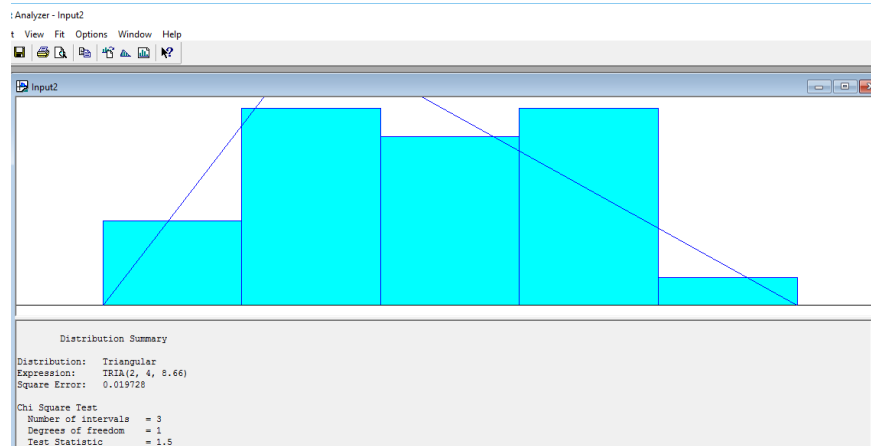
Fitting distribution Antar Kedatangan Downtime NPK Granulasi :



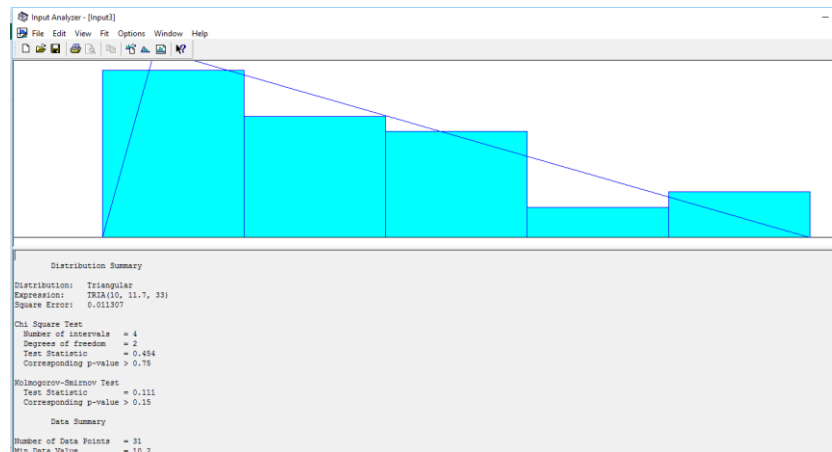
Fitting distribution Pretime Gresik :



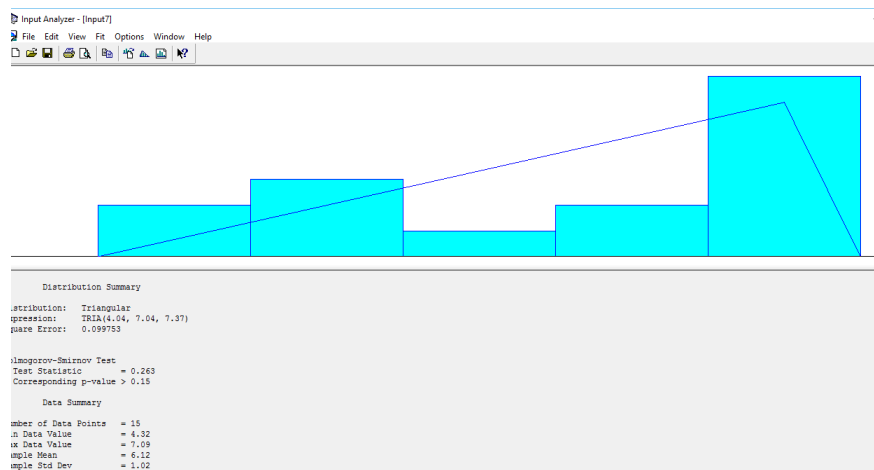
Fitting distribution Posttime Gresik :



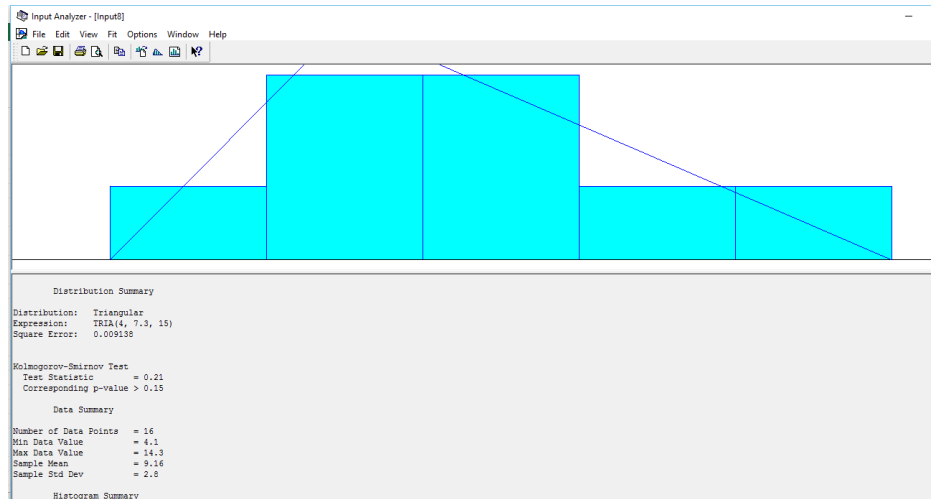
Fitting distribution kecepatan loading Gresik :



Fitting distribution posttime Palembang :



Fitting distribution kecepatan unloading Bengkulu :



LAMPIRAN 2

HASIL *RUNNING MODEL*

Lampiran Hasil *Running* Kondisi Eksisting

nama kapal	port	jam tiba	stok bengkulu	stok palembg	intranst bngkulu	intransit palembang	cd bgklu	cd plmbg	tujuan	jam berangkat 1	Jam tiba 2	Asal demand	stok gresik	jam berangkat2	terkirim	biaya
1	1	6,85	1803,05	3577,32	0	0	0,18	0,35	1	63,710	175,154	2	694,21	518,54	1000	15748954,03
3	1	40,13	1705,41	3450,44	2800	0	0,41	0,29	2	313,009	405,589	3	2486,91	810,05	3000	23164564,1
2	1	13,25	1803,05	3577,32	1000	0	0,26	0,32	1	177,750	289,194	2	1638,07	845,65	4800	29146342,23
1	1	639,09	2102,66	354,85	0	2000	0,22	0,23	1	694,701	795,397	2	2790,36	1114,05	5800	33188000,95
2	1	985,52	565,40	415,59	1000	2000	0,12	0,18	1	1122,218	1233,118	2	2932,13	1561,06	7600	50235839,48
3	1	925,59	906,27	845,57	1000	0	0,14	0,05	2	1102,155	1194,284	3	4202,45	1659,46	9600	54579479,96
1	1	1241,47	423,89	-147,01	1800	2000	0,18	0,16	2	1309,392	1393,043	3	2795,99	1874,68	10600	62647751,42
2	1	1660,03	213,70	994,77	0	1000	0,02	0,15	1	1740,120	1851,021	2	3722,53	2411,19	12400	76513782,58
3	1	1766,34	0,00	417,89	1800	1000	0,14	0,10	2	1869,566	1962,146	3	5720,93	2426,86	14400	80750955,37
1	1	2001,62	0,00	0,00	1800	2000	0,16	0,17	1	2101,578	2202,274	2	7157,23	2598,20	15400	83999113,38
2	1	2542,13	657,30	334,70	0	0	0,04	0,01	2	2684,342	2776,922	3	6422,14	3117,11	17200	100510501,8
3	1	2554,14	541,81	187,13	0	1800	0,03	0,13	1	2695,754	2807,199	2	5855,24	3152,90	19200	105904468,1
1	1	2718,20	-116,14	-149,64	2000	1800	0,17	0,14	2	2820,407	2904,059	3	6692,38	3332,19	20200	109243004,8
3	1	3263,20	629,65	1310,73	1800	0	0,22	0,10	2	3372,404	3464,984	3	7420,17	3852,67	22200	125942827,7
2	1	3216,15	730,33	431,52	0	1000	0,07	0,12	1	3305,671	3417,115	2	6633,66	3873,58	24000	131549420,2
1	1	3422,42	-41,89	448,84	1800	2000	0,19	0,24	1	3519,613	3620,309	2	7870,66	4030,29	25000	134398319,2
1	1	4155,72	881,02	-25,32	1800	2000	0,31	0,23	2	4219,968	4303,620	3	8406,40	4545,82	26000	149199974,2
2	1	3999,98	1501,74	717,06	0	2000	0,16	0,28	1	4149,536	4260,437	2	7533,34	4657,90	27800	154984198,1
3	1	3960,74	1584,38	824,30	0	0	0,16	0,08	2	4158,578	4242,229	3	8613,10	4716,79	29800	159069787,8
1	1	4661,40	1233,37	2309,15	0	0	0,20	0,36	1	4744,954	4845,650	2	7409,23	5073,57	30800	173489790,7

nama kapal	port	jam tiba	stok bengkulu	stok palembg	intranst bngkulu	intransit palembang	cd bgklu	cd plmbg	tujuan	jam berangkat 1	Jam tiba 2	Asal demand	stok gresik	jam berangkat2	terkirim	biaya
3	1	4838,20	814,39	1771,94	1000	1800	0,27	0,50	1	4937,830	5049,274	2	9205,74	5512,15	32800	182648524,4
2	1	4783,94	934,45	1926,73	1000	0	0,29	0,27	2	4943,476	5036,057	3	9656,42	5537,23	34600	187115041,1
1	1	5189,94	1010,79	760,55	2000	1800	0,77	0,61	2	5260,819	5344,471	3	11538,43	5667,01	35600	189803339,1
2	1	5644,43	2198,17	2545,16	2000	0	0,96	0,53	2	5796,917	5880,568	3	11300,48	6301,65	37400	206961929,1
3	1	5629,41	2237,51	2597,23	0	0	0,50	0,53	1	5751,392	5862,293	2	10208,94	6355,97	39400	212946626
1	1	5761,32	1974,94	2283,46	2000	1800	0,87	0,96	1	5857,084	5957,780	2	12039,69	6467,13	40400	215575495,4
2	1	6415,26	3364,30	2025,59	0	0	0,50	0,29	2	6491,841	6584,421	3	12594,76	7080,49	42200	232421786,3
1	1	6595,52	2852,33	1372,71	0	3800	0,33	0,55	1	6698,933	6799,630	2	12929,87	7101,24	43200	235056766,2
3	1	6468,43	3241,20	1874,70	0	1800	0,48	0,48	2	6629,495	6713,147	3	12912,22	7266,95	45200	239244403
1	1	7219,03	1677,73	2514,83	1800	0	0,33	0,22	2	7277,189	7360,841	3	13962,19	7794,62	46200	253318093,4
2	1	7187,08	1763,75	2619,15	0	0	0,19	0,27	1	7298,993	7399,689	2	13170,26	7872,42	48000	259121399,9
3	1	7375,19	951,90	1614,95	1800	1000	0,24	0,22	2	7502,821	7595,401	3	14671,51	7937,55	50000	263347474
1	1	7900,78	473,73	1816,67	0	0	0,04	0,17	1	7968,096	8068,792	2	12686,29	8289,06	51000	277485384,4
2	1	7987,21	142,90	1411,09	1000	0	0,08	0,10	1	8058,761	8170,205	2	13811,35	8526,34	52800	283464587,9

Lampiran Hasil *Running* Skenario Penambahan 1 Kapal Kapasitas 2000 Ton

nama kapal	port	jam tiba	stok bengkulu	stok palembg	intranst bngkulu	intransit palembang	cd bgklu	cd plmbg	tujuan	jam berangkat 1	Jam tiba 2	Asal demand	stok gresik	jam berangkat2	terkirim	biaya
1	1	6,845	1803,19	3575,44	0	0	0,185	0,343	1	59,49	157,52	2	687,73	405,78	1000	13038701,95
2	1	21,385	1803,19	3575,44	1000	0	0,251	0,305	1	94,84	192,87	2	1814,30	629,92	2800	24120853,57
3	1	37,566	1705,81	3452,52	2800	0	0,478	0,336	2	297,39	389,97	3	352,11	656,35	4800	28363699,88
3	1	221,000	943,06	2449,18	2800	2000	0,353	0,373	1	476,95	588,40	2	729,88	927,59	6800	36824433,76
1	1	503,747	2683,28	1079,34	2000	2000	0,474	0,285	2	676,19	759,84	3	965,33	1045,78	7800	42840292,02
2	1	755,537	3701,29	1833,25	0	1000	0,29	0,22	2	913,05	1005,18	3	140,34	1496,65	9600	56745219,31
3	1	977,000	2677,80	543,55	0	2800	0,23	0,27	1	1162,94	1274,38	2	287,76	1711,45	11600	65411074,99
3	1	1106,000	1993,91	686,01	2000	1800	0,32	0,19	2	1377,91	1461,56	3	1243,57	1829,70	13600	69911238,42
1	1	1356,000	867,03	0,00	2000	3800	0,25	0,32	1	1502,49	1603,19	2	493,83	1920,61	14600	73294549,34
2	1	1601,070	1773,75	519,74	1000	2000	0,22	0,19	2	1853,12	1934,56	3	1804,74	2346,11	16400	86198891,5
3	1	1990,000	967,87	229,42	2000	1800	0,23	0,14	2	2307,57	2391,22	3	110,82	2761,05	18400	101998516,2
3	1	1852,257	1532,44	945,45	0	1800	0,14	0,23	1	2108,10	2219,54	2	841,02	2789,55	20400	108040420,9
1	1	2237,000	0,00	1647,25	2000	2000	0,17	0,29	1	2364,33	2465,02	2	22,71	2882,12	21400	110562273
2	1	2473,099	2000,00	150,53	1000	2000	0,23	0,15	2	2654,45	2746,58	3	1273,85	3110,54	23200	116161568,6
3	1	2903,066	1012,41	198,26	2000	1800	0,30	0,19	2	3184,06	3267,71	3	664,64	3671,75	25200	136251507,4
3	1	2876,674	1129,59	351,13	0	1800	0,08	0,14	1	3028,21	3126,25	2	1037,01	3742,41	27200	142039584
1	1	3097,000	137,74	1298,64	2000	2000	0,22	0,32	1	3233,62	3344,52	2	275,41	3864,27	28200	144926112,2
2	1	3226,000	0,00	689,75	3000	2000	0,28	0,24	2	3573,54	3665,67	3	1768,67	4070,46	30000	154816539,1
3	1	3786,265	1436,26	876,68	0	1800	0,16	0,30	1	3913,03	4024,47	2	380,70	4499,05	32000	169116220,2
1	1	3974,204	754,72	1830,07	2000	2000	0,32	0,42	1	4146,04	4246,74	2	293,12	4611,72	33000	176091826,7
3	1	3845,909	1180,89	559,78	2000	1800	0,35	0,24	2	4136,11	4219,76	3	1562,70	4665,65	35000	180034527,1
2	1	4187,257	1978,52	875,18	1000	2000	0,31	0,28	2	4488,81	4580,94	3	1625,92	5055,19	36800	192427862,2
1	1	4710,859	1496,91	1386,15	2000	1800	0,59	0,50	2	4807,03	4899,61	3	1684,71	5252,14	37800	200444275,6
3	1	4637,115	1675,55	1615,30	0	1800	0,28	0,55	1	4763,89	4864,59	2	159,00	5288,31	39800	206505350,6

nama kapal	port	jam tiba	stok bengkulu	stok palembg	intranst bngkulu	intransit palembang	cd bgklu	cd plmbg	tujuan	jam berangkat 1	Jam tiba 2	Asal demand	stok gresik	jam berangkat2	terkirim	biaya
3	1	4769,235	1376,35	1234,30	2000	2800	0,50	0,55	1	5116,35	5227,80	2	1253,08	5599,70	41800	218746546,4
2	1	5167,161	2442,49	1838,83	2000	1000	0,95	0,59	2	5287,66	5379,79	3	111,13	5706,92	43600	223738664,3
1	1	5372,238	4103,58	2409,39	0	1800	0,87	1,02	1	5419,77	5517,80	2	599,75	5741,93	44600	229418405,2
3	1	5398,388	4057,49	2360,70	1000	1800	1,15	0,93	2	5654,81	5736,25	3	1386,81	6141,62	46600	239715470,4
3	1	5727,985	4440,79	3422,43	0	2000	1,00	1,11	1	5899,21	6010,11	2	784,16	6331,28	48600	251101203,3
1	1	6025,000	3710,79	4481,42	2000	1800	0,92	1,00	1	6151,65	6252,35	2	62,04	6540,60	49600	254949817,8
2	1	5829,566	4234,81	3165,31	2000	2000	1,03	0,71	2	6115,56	6199,21	3	1374,89	6747,86	51400	264105308,1
3	1	6287,031	5111,74	3708,60	1000	1800	0,99	0,84	2	6544,27	6636,85	3	919,24	7016,94	53400	274820288,1
3	1	6478,590	5619,65	3094,20	0	3800	0,83	0,95	1	6734,04	6834,74	2	167,54	7254,72	55400	285023231,6
1	1	6652,879	4977,45	4060,98	2000	2000	0,83	0,70	2	6825,01	6908,67	3	1807,75	7306,47	56400	287130602,7
2	1	6850,071	4308,39	3208,11	2000	3000	0,69	0,62	2	7149,22	7230,66	3	1592,33	7589,35	58200	296641202,2
3	1	7137,815	5318,52	3921,74	0	2800	0,63	0,76	1	7408,17	7519,61	2	264,98	7896,00	60200	309477220
1	1	7507,000	3827,92	4847,66	2000	2000	0,56	0,63	1	7637,75	7738,45	2	1615,24	8036,62	61200	313358653,9
3	1	7370,453	4340,19	3699,71	2000	1800	0,54	0,46	2	7669,45	7753,10	3	1065,63	8170,11	63200	320900103,1
2	1	7705,278	4897,44	3679,13	1000	2000	0,49	0,48	2	7951,13	8043,26	3	606,56	8470,09	65000	332707532,4

Lampiran Hasil *Running* Skenario Penambahan Kapal dan Pengadaan *Jetty* Palembang

nama kapal	port	jam tiba	stok bengkulu	stok palembg	intranst bngkulu	intransit palembang	cd bgklu	cd plmbg	tujuan	jam berangkat 1	Jam tiba 2	Asal demand	stok gresik	jam berangkat2	terkirim	biaya
1	1	37,566	1705,811	3452,522	2800	0	0,410	0,288	2	128,122	209,563	3	899,07	300,25	1000	11230856,52
1	1	6,845	1803,186	3575,444	0	0	0,185	0,343	1	59,487	173,900	2	764,46	568,24	2000	19863134,72
3	1	101,000	1420,700	3075,851	2800	1000	0,444	0,400	2	423,047	518,093	3	424,56	644,10	4000	26633919,94
2	1	21,385	1803,186	3575,444	1000	0	0,231	0,281	1	92,628	207,041	2	164,71	778,52	5800	32404200,53
1	1	667,456	2013,506	3227,463	1000	0	0,307	0,302	2	785,814	867,254	3	83,31	950,77	6800	36702957,57
1	1	399,490	272,757	2594,344	2800	2000	0,277	0,401	1	520,735	635,149	2	1317,65	993,61	7800	40058666,39
2	1	906,576	2024,917	2972,452	2000	0	0,290	0,195	2	1250,565	1345,611	3	19,24	1490,30	9600	60364044,35
1	1	1218,000	571,333	1104,999	3000	1800	0,259	0,197	2	1350,537	1445,584	3	779,40	1581,53	10600	62806495,81
3	1	772,275	1594,076	2690,431	1000	1000	0,232	0,316	1	999,958	1120,158	2	440,70	1591,12	12600	69144025,04
1	1	1096,000	1128,951	1819,909	2000	1800	0,265	0,288	1	1221,814	1336,227	2	826,82	1695,36	13600	72019228,44
2	1	1594,776	753,605	1618,346	1000	0	0,128	0,115	2	1761,654	1843,094	3	186,02	1961,30	15400	80263840,4
1	1	1821,000	733,376	329,020	2000	1800	0,202	0,149	2	1951,602	2035,253	3	746,11	2113,34	16400	89533950,91
3	1	1680,896	1300,223	1044,444	0	1800	0,117	0,243	1	1972,761	2073,457	2	1199,35	2434,35	18400	98001838,63
1	1	1945,000	50,198	1274,398	2000	1000	0,179	0,195	1	2073,988	2174,684	2	0,21	2609,09	19400	106498024,5
2	1	2078,991	0,000	1558,873	3000	0	0,224	0,110	2	2378,342	2473,388	3	432,88	2622,84	21200	110872560,1
1	1	2298,000	1651,124	230,927	1000	1800	0,191	0,129	2	2428,780	2523,826	3	834,19	2709,81	22200	113257157,3
1	1	2713,530	567,344	1146,890	2000	0	0,217	0,090	2	2861,942	2961,796	3	1403,99	3067,71	23200	123949342
2	1	2789,000	216,631	698,018	2000	1000	0,160	0,115	2	3066,620	3161,666	3	158,97	3299,60	25000	135820795,8
3	1	2548,164	1377,458	1197,651	0	1000	0,123	0,183	1	2796,103	2916,304	2	92,53	3405,82	27000	143994124,6
1	1	3181,790	1901,989	1673,861	1000	0	0,290	0,152	2	3315,313	3398,964	3	1062,10	3479,39	28000	146106473,1
1	1	3010,000	-96,035	629,098	2000	1800	0,182	0,202	1	3149,445	3263,858	2	861,05	3589,73	29000	149331968,4
2	1	3586,164	1251,570	574,404	0	0	0,112	0,046	2	3755,609	3839,260	3	678,70	3978,91	30800	164102701,5
1	1	3754,000	647,457	-104,800	2000	1800	0,283	0,201	2	3882,059	3977,105	3	764,45	4057,89	31800	167212569,7
3	1	3594,235	1251,570	574,404	0	1800	0,127	0,225	1	3788,321	3889,018	2	913,94	4307,69	33800	175368795,1

nama kapal	port	jam tiba	stok bengkulu	stok palembg	intranst bngkulu	intransit palembang	cd bgklu	cd plmbg	tujuan	jam berangkat 1	Jam tiba 2	Asal demand	stok gresik	jam berangkat2	terkirim	biaya
1	1	3878,000	209,700	1584,267	2000	1000	0,216	0,246	1	4007,899	4122,312	2	1708,23	4441,46	34800	179550538,5
2	1	4072,543	-86,864	1725,373	3000	0	0,285	0,146	2	4385,536	4469,188	3	858,14	4592,57	36600	188674451,6
1	1	4234,000	1558,205	971,445	1000	1800	0,288	0,305	1	4375,601	4476,298	2	530,42	4818,58	37600	192869972,3
3	1	4446,532	1916,277	165,702	1000	1800	0,511	0,315	2	4770,604	4870,458	3	1100,75	5006,41	39600	203779048,6
1	1	4609,000	1503,850	1431,148	1000	2000	0,364	0,484	1	4770,841	4891,042	2	927,35	5174,47	40600	208144817
2	1	4735,000	2203,598	1043,283	1000	2000	0,447	0,395	2	5094,696	5178,348	3	710,38	5311,38	42400	217311464,5
1	1	4957,000	1659,373	2356,335	1000	1800	0,441	0,642	1	5125,742	5223,777	2	762,91	5562,31	43400	221568700,2
1	1	5338,000	1890,895	3190,820	3000	0	1,029	0,600	2	5512,836	5612,690	3	1095,55	5687,69	44400	230791661,8
3	1	5120,126	2282,865	1876,068	1000	1800	0,786	0,808	1	5519,505	5639,705	2	941,43	6048,77	46400	244673126
2	1	5469,000	2672,517	2922,594	2000	1000	0,883	0,713	2	5862,909	5957,956	3	46,84	6095,49	48200	248988344,8
1	1	5826,247	1999,465	3065,326	3000	1800	0,711	0,636	2	6034,745	6129,792	3	1390,54	6233,02	49200	253943805
1	1	5698,000	2248,688	3375,138	2000	1800	0,998	1,155	1	5875,393	5989,806	2	1719,19	6291,92	50200	256859104,9
2	1	6224,266	3964,501	4562,896	2000	0	0,826	0,584	2	6564,631	6648,282	3	737,81	6776,82	52000	275615370,9
3	1	6186,282	3085,437	4718,505	1000	0	0,675	0,737	1	6348,009	6468,209	2	399,19	6800,62	54000	281236759,6
1	1	6558,000	3034,039	3402,509	3000	1800	0,698	0,566	2	6681,432	6765,084	3	637,35	6853,26	55000	283715498,4
1	1	6434,000	3414,260	3878,570	2000	1800	0,762	0,818	1	6564,798	6665,494	2	1224,69	6960,46	56000	286322755,4
2	1	6869,732	4945,183	4821,902	0	0	0,484	0,471	2	7016,086	7097,526	3	1527,22	7231,29	57800	293737611,4
1	1	7157,000	3932,371	5335,384	2000	0	0,708	0,581	2	7283,029	7378,076	3	814,76	7458,20	58800	305110231,8
3	1	6910,000	4859,175	4714,178	0	1800	0,562	0,739	1	7315,727	7430,140	2	1623,01	7837,33	60800	317908727
2	1	7400,000	2939,919	5087,537	3000	0,00E+00	0,482	0,388	2	7673,838	7757,489	3	29,11	7884,83	62600	323913696,9
1	1	7280,000	3451,626	4732,552	2000	1000	0,461	0,470	1	7403,554	7523,754	2	22,59	8006,17	63600	327439159,4
1	1	7622,000	2001,108	3923,166	3000	1800	0,474	0,513	1	7758,837	7859,534	2	1896,08	8196,05	64600	331015011,4
3	1	7953,754	3548,162	3892,176	1000	0	0,427	0,329	2	8108,221	8208,075	3	1660,54	8358,82	66600	339952722,3
1	1	8228,000	3344,624	4382,274	1800	0	0,405	0,332	2	8367,840	8451,492	3	739,42	8547,92	67600	349015751,8

BIOGRAFI PENULIS



Penulis merupakan bungsu dari lima bersaudara yang lahir di Gresik, Jawa Timur 22 tahun silam. Selama perkuliahan penulis aktif di beberapa organisasi diantaranya Himpunan Mahasiswa Teknik Industri ITS sebagai staf Departemen Edukasi dan Kesejahteraan Mahasiswa, member Klub Keilmiahan, serta tergabung dalam keluarga besar asisten Laboratorium Komputasi dan Optimasi Industri yang pada tahun 2017 berganti nama menjadi Laboratorium Pemodelan Kuantitatif dan Analisis Kebijakan Industri. Penulis pernah melakukan Kerja Praktik di PT Petrokimia Gresik. Saran dan kritikan penulis terima sebagai masukan untuk penelitian ini. Penulis dapat dihubungi melalui ulykurniawati23@gmail.com.